

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»**

# **АРТЕМИЯ В ГИПЕРГАЛИННЫХ ВОДОЕМАХ РОССИИ**

**(география, биоразнообразие, экология,  
биология и практическое использование)**



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Государственный аграрный университет Северного Зауралья»

**Артемия в гипергалинных водоемах России  
(география, биоразнообразие, экология,  
биология и практическое использование)**

Монография

Текстовое (символьное) электронное издание

Редакционно-издательский отдел ГАУ Северного Зауралья

Тюмень 2024

© Л. И. Литвиненко, М. А. Корентович, Е. Г. Бойко,  
А. И. Литвиненко, П. А. Зенкович, 2024  
© ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, 2024

ISBN 978-5-98346-160-4

УДК 574.5  
ББК 28.082.29

**Рецензенты:**

старший научный сотрудник, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры, ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья (г. Тюмень), кандидат биологических наук Л. В. Михайлова;  
профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории Инновационного морского приборостроения, ФГБУ ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН (г. Севастополь), доктор биологических наук И. И. Руднева;  
доцент кафедры «Биология», руководитель научно-образовательного Центра экологии, природопользования и охраны природной среды Института естественных наук, ФГБОУ ВО Курганский государственный университет (г. Курган), доктор биологических наук О. В. Козлов

Артемия в гипергалинных водоемах России (география, биоразнообразие, экология, биология и практическое использование) : монография / Л. И. Литвиненко, М. А. Корентович, Е. Г. Бойко, А. И. Литвиненко, П. А. Зенкович. – Тюмень : ГАУ Северного Зауралья, 2024. – 364 с. – URL: <https://www.gausz.ru/nauka/setevye-izdaniya/2024/litvinenko.pdf>. – Текст : электронный.

В монографии излагаются материалы собственных исследований за период 1995-2023 гг., а также дается анализ литературных данных по артемии водоемов России. Особое внимание уделено абиотическим факторам мест обитания артемии (особенности климата, гидрохимический состав воды) и биотическим (видовой состав и количественное развитие фито- и зоопланктона, зообентоса). Описаны особенности жизненного цикла артемии в связи с географическим расположением озер. На большом количестве данных делаются выводы о влиянии солености на морфометрию рачков, продукцию цист и их плавучесть. В сезонной динамике численности и биомассы рачков артемии отмечается преобладание в озерах одновершинной кривой с пиком в июне и низким развитием артемии в последующий период. Вселение науплиусов артемии в июле позволяет создать новую мощную генерацию. В монографии приводятся результаты такой пастбищной аквакультуры. Особое внимание уделено промыслу цист артемии, показана роль России в мировом промысле, дан анализ влияния заготовки цист на экосистему гипергалинного озера. Показаны возможности (для предотвращения ННН-промысла) популяционной идентификации артемии по цистам при использовании морфометрических и генетических методов.

Значительная часть монографии посвящена применению артемии в аквакультуре в качестве стартового корма для личинок осетровых рыб. Показаны методы и результаты обогащения кормов терапевтическими, профилактическими и питательными средствами, даны практические рекомендации по использованию и переработке артемии на основе опыта предприятий России.

Книга может быть полезна не только студентам, аспирантам и преподавателям ВУЗов, научным сотрудникам профильных научно-исследовательских институтов по направлению гидробиология, зоология, экология, водные биоресурсы и аквакультура, но и более широкому кругу специалистов рыбного хозяйства.

Текстовое (символьное) электронное издание

Л. И. Литвиненко, М. А. Корентович, Е. Г. Бойко,  
А. И. Литвиненко, П. А. Зенкович, 2024  
© ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, 2024

<b>ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ</b> .....	6
<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	8
<b>Глава 1 КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ АРТЕМИИ В МИРЕ</b> .....	11
<b>Глава 2 БИОГЕОГРАФИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТ ОБИТАНИЯ АРТЕМИИ</b> .....	14
<b>Глава 3 БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ АРТЕМИИ</b> .....	18
<b>3.1 Систематическое положение и видовое разнообразие артемии в свете новых данных анализа ДНК</b> .....	18
<b>3.2 Эволюция рода <i>Artemia</i> в свете современных представлений</b> .....	24
<b>3.3 Основные факторы, определяющие развитие артемии</b> .....	28
3.3.1 Соленость .....	28
3.3.2 Температура .....	30
3.3.3 Кислород.....	30
3.3.4 Свет .....	31
3.3.5 Сероводород.....	31
<b>3.4 Биология артемии</b> .....	32
3.4.1 Рост и развитие артемии от науплиуса до взрослой стадии.....	32
3.4.2 Размножение .....	39
3.4.3 Питание, эффективность использования пищи на рост.....	42
3.4.4 Дыхание.....	44
<b>3.5. Морфология и метаболизм цист артемии</b> .....	50
3.5.1 Строение цист .....	50
3.5.2 Гидратация и дегидратация цист .....	53
3.5.3 Устойчивость цист к факторам среды .....	55
3.5.4 Размеры цист.....	56
<b>3.6 Биохимический состав рачков и цист артемии</b> .....	58
3.6.1 Общий биохимический состав .....	58
3.6.2 Жирнокислотный состав.....	62
3.6.3 Аминокислотный состав.....	65
3.6.4 Питательная ценность артемии разных возрастных стадий.....	67
<b>Глава 4 ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ АРТЕМИИ В БИОТОПАХ РОССИИ</b> 70	
<b>4.1 Краткая история изучения артемии в России</b> .....	70
<b>4.2 Географическое расположение артемиевых озер в России и сопредельных странах</b> .....	73
4.2.1 Крымский полуостров.....	75
4.2.2 Калмыкия, Астраханская область .....	80
4.2.3. Западная Сибирь.....	81
4.2.4. Восточная Сибирь .....	82
<b>4.3 Особенности климатических условий местообитаний артемии в России</b> .....	85

4.4 Классификация артемиевых водоемов .....	89
4.5. Химический состав воды .....	91
4.6 Особенности термического режима артемиевых озер.....	111
4.7 Кислородный режим в артемиевых озерах .....	115
4.8 Грунты артемиевых озер .....	117
4.9 Гидробиология озер (фито-, зоопланктон, зообентос) .....	117
4.9.1 Фитопланктон .....	117
4.9.2 Фитопланктон озер Западной Сибири.....	121
4.9.3 Зоопланктон и зообентос .....	127
4.9.4 Зоопланктон и зообентос озер Западной Сибири.....	129
<b>Глава 5 АРТЕМИЯ В БИОТОПАХ РОССИИ .....</b>	<b>132</b>
<b>5.1 Способы размножения артемии, плодовитость и соотношение полов .....</b>	<b>132</b>
<b>5.2 Морфометрия цист и рачков.....</b>	<b>133</b>
<b>5.3 Влияние на продуктивность артемиевых водоемов абиотических факторов.....</b>	<b>138</b>
5.3.1 Температура, как фактор, определяющий сезонность в развитии артемии.....	139
5.3.2 Соленость как фактор, определяющий продуктивность артемии .....	141
<b>5.4 Флуктуации абиотических и биотических факторов в артемиевых гипергалинных водоемах .....</b>	<b>148</b>
<b>Глава 6 ПРОМЫСЕЛ ЦИСТ АРТЕМИИ.....</b>	<b>150</b>
<b>6.1 Многолетняя динамика промысла цист артемии в мире.....</b>	<b>150</b>
<b>6.2 Промысел цист артемии в России.....</b>	<b>151</b>
<b>6.3 Влияние промысла цист на экосистему гипергалинного водоема .....</b>	<b>156</b>
6.3.1 Физико-химические условия в озере .....	157
6.3.2 Фитопланктон .....	159
6.3.3 Зоопланктон .....	160
6.3.4 Бентос .....	161
6.3.5 Продуктивность цист .....	161
6.3.6 Промысел цист и влияние его на экосистему озера.....	161
<b>6.4 Пространственное распределение цист артемии в природных соленых водоемах, роль бентосных цист в общих запасах .....</b>	<b>165</b>
<b>6.5 Соленость и температура, как факторы, определяющие плавучесть цист артемии и возможность их промысла .....</b>	<b>173</b>
<b>6.6 Законодательство России и других государств в отношении вылова цист из природных водоемов .....</b>	<b>178</b>
<b>6.7 Сложности прогноза рекомендованного вылова цист артемии.....</b>	<b>182</b>
<b>6.8 Рейтинг гипергалинных водоемов Западной Сибири по запасам цист и репродуктивным показателям рачков артемии.....</b>	<b>184</b>
<b>6.9 Идентификация популяций артемии по цистам .....</b>	<b>190</b>

6.10 Аквакультура артемии.....	209
<b>Глава 7 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРТЕМИИ В АКВАКУЛЬТУРЕ .....</b>	<b>221</b>
7.1 Литературный обзор по использованию артемии в мире .....	221
7.1.1 Особенности метода обогащения науплиусов артемии.....	222
7.1.2 Применение обогащенных науплиусов в аква- и марикультуре .....	225
7.1.3 Использование обогащенных науплиусов для кормления молоди осетровых.....	226
7.2 Использование артемии на рыбохозяйственных предприятиях России .....	227
7.2.1 Артемия, как стартовый корм для разных видов рыб и ракообразных.....	227
7.2.2 Использование науплиусов артемии для кормления личинок осетровых рыб .....	229
<b>Глава 8 ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И ПЕРЕРАБОТКЕ АРТЕМИИ НА ОСНОВЕ ОПЫТА ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ.....</b>	<b>262</b>
8.1 Способы первичной переработки цист (сбор, промывка, сушка, хранение).....	262
8.3 Методы обогащения науплиусов артемии .....	269
8.4 Методы хранения живых науплиусов .....	274
8.5 Методы кормления личинок осетровых рыб науплиусами артемии .....	274
<b>БЛАГОДАРНОСТИ .....</b>	<b>279</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....</b>	<b>280</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....</b>	<b>283</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....</b>	<b>289</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....</b>	<b>290</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 5.....</b>	<b>291</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 6.....</b>	<b>293</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 7.....</b>	<b>294</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 8.....</b>	<b>297</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 9.....</b>	<b>299</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 10.....</b>	<b>302</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 12.....</b>	<b>309</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 13.....</b>	<b>313</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>318</b>

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

Алтай	Алтайский край
АЛК	альфа-линоленовая кислота
АРЦ (ARC)	артемиевый референтный центр (Гент, университет, Бельгия)
АЧФО	Азово-черноморский федеральный округ
БАВ	биологически активные вещества
БПК <sub>5</sub>	биохимическое потребление кислорода в течение 5 суток
В	бисексуальные популяции
ВНЖК	высоконенасыщенные жирные кислоты
$V_{\phi}/V_{\text{ср}}; N_{\phi}/N_{\text{ср}}$	отношение фактических значений биомассы (В) или численности (N) за месяц к средним значениям за год
ГТК	гидротермический коэффициент
ДГК	докозгексаеновая кислота 22:6n-3
Ж%	процент живорождения
ЗС	Западная Сибирь (Челябинская, Тюменская, Курганская,
ЛК	линолевая кислота
ЛМ	льняное масло
МЗП	масло зародышей пшеницы
ОДУ	общий допустимый улов
ПО	перманганатная окисляемость
ПЖ	продолжительность жизни, сут
ПМ	подсолнечное масло
прРП	предрепродуктивный период, сут
РП	репродуктивный период, сут
Р	партеногенетические популяции
СВ	сырое вещество
ТРП	Тюменский рыбопитомник
ЖЦ	жизненный цикл
кал	калории
‰	промилле – единица измерения солености воды в г/кг
мкм	микрон
мтДНК	митохондриальная ДНК
пн	пары нуклеотидов
Ц%	процент цистообразования
СОХ1	цитохромоксидаза-1
ФАО (FAO)	продовольственная и сельскохозяйственная организация
ЩФ	щелочная фосфатаза
Ц	цисты
Цг	цисты гидратированные
Цд	цисты дегидратированные

H-I	науплиус 1 стадии (свежевыклюнувшийся)
H-II, H-III	науплиус II и III стадии (метанауплиусы)
экз.	экземпляры
ЭПК	эйкозапентаеновая кислота 20:5n-3
A/B	величина удельного фотосинтеза (продукция/биомасса)
A/R	соотношение первичной продукции и деструкции органических
D	длительность жизненного цикла
C	рацион
CIS	страны СНГ (Россия, Казахстан, Узбекистан)
Cv	коэффициент вариации
HGM	содержание гемоглобина
L	длина тела
SD	стандартное отклонение
P	продукция
R	деструкция, дыхание (интенсивность)
K <sub>1</sub>	коэффициент роста первого порядка
K <sub>2</sub>	коэффициент использования ассимилированной энергии на
M	средняя
m	ошибка средней
W	масса тела
RBC	количество эритроцитов в крови
ww	сырая масса
dw	сухая масса
GSL	Great Salt Lake (штат Юта, США)
GenBank	база данных, находящаяся в открытом доступе, содержащая
IAAC	International Artemia Aquaculture Consortium
ITS1	последовательностях ядерной области
FRA, SIN, TIB, URM	виды артемии <i>A. franciscana</i> , <i>A. sinica</i> , <i>A. tibetiana</i> , <i>A. urmiana</i>
SPB	San Pablo Bay (США)
Σ <sub>U</sub>	сумма ионов, г/л

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Артемия – уникальный организм, имеющий научную ценность как организм, приспособившийся жить в таких экстремальных условиях, при которых ни один другой организм не может выжить, за исключением некоторых галофильных бактерий и водорослей.

Артемия – это жаброногий рачок длиной около 1 см. Встречается в осолонённых морских заливах и в солёных озёрах, выносит пределы солёности от 10 до 400 граммов в литре, т.е. в 10 раз превышающие солёность морской воды. Рачки адаптированы не только к высокой солёности, но и низкому содержанию кислорода и высокому содержанию сероводорода.

Встречаются как обоеполые - бисексуальные, так и однополые – партеногенетические (состоящие из одних самок) популяции. При благоприятных условиях самка может откладывать до 100 и более яиц или науплиусов за одну кладку и делать до 10 кладок в течение всей жизни. Осенью образуются диапаузирующие или покоящиеся яйца. Эти яйца или по-другому цисты имеют очень плотную оболочку. Находясь в покое – диапаузе, эмбрионы в яйцах способны переносить неблагоприятные внешние условия. Они выдерживают высыхание и могут находиться в таком состоянии несколько лет; яйца переносят нагревание до +60<sup>0</sup>С и охлаждение до температуры абсолютного нуля (-273<sup>0</sup>С), переносят действия различных химических реагентов, летальных для рачков в активном состоянии. В виде покоящихся яиц популяция артемии легко переносится по воздуху, птицами, сохраняется в водоёме даже при его полном высыхании. Учеными на дне озера в мощном слое ила были обнаружены живые цисты, возраст которых составлял 10 тысяч лет.

Если признать гипотезу занесения простейших жизненных спор из космоса на Землю, главными претендентами на роль «космических пришельцев» могут стать цисты артемии.

Артемия – излюбленный корм многих водоплавающих птиц. Есть достоверные сведения, что в прошлом артемия использовалась в пищу и людьми.

Еще одно интересное качество этих организмов – полиплоидия, довольно распространенное явление в мире растений и очень редкое - в мире животных.

Как признано во всем мире, цисты артемии являются лучшим живым кормом для личинок рыб и ракообразных, а развитие аквакультуры в некоторой степени зависит от имеющихся в мире запасов цист этого рачка. С чем же это связано? У артемии, как и у других видов живых кормов, высокое содержание белка и жира, малый размер науплиусов и мягкий тонкий наружный скелет. Но не это главное качество, которое делает его лидирующим среди таких живых кормов как коловратки, ветвистоусые и веслоногие рачки. Самое главное качество – это удобство в обращении: цисты можно хранить при комнатной температуре и

через сутки получить науплиусы, чего нет у других живых кормов, которых нужно постоянно культивировать. А способность цист образовывать большие скопления – уже делает этот вид биоресурса коммерчески ценным.

Для успешного промысла этого вида биоресурсов необходимо знать биологию и экологию артемии.

Использование артемии в аквакультуре началось в 40-х годах прошлого века. Для кормления личинок рыб и ракообразных стали использовать декапсулированные цисты, науплиусы, артемию замороженную и артемию сублимированную. Для кормления более взрослых стадий рыб используют подрощенных рачков артемии. В начале XXI века получила распространение методика улучшения пищевых качеств науплиусов и рачков путем обогащения их различными пищевыми биодобавками: необходимыми питательными веществами, пигментами, профилактическими и терапевтическими средствами.

Согласно литературным данным [489], в настоящее время ежегодно на выращивание 900 млрд личинок рыб и ракообразных используется 3500-4000 тонн сухих цист. Этот ценный вид биоресурсов в конечном счете определяет производство более 10 млн тонн таких видов аквакультуры, как креветки, крабы, морские окуни, лещи, камбала, молочная рыба, сомы и другие. Основные запасы цист артемии расположены в США (озеро Great Salt Lake), Китае, России, Казахстане, Узбекистане. Россия обладает богатым фондом природных соленых водоемов (более 100 общей площадью около 2000 км<sup>2</sup>), расположенных полосой вдоль южной границы от Крыма до Тывы в зонах лесостепи, степи и полупустынь. Специфика климата России вызвана более северным расположением озер, чем остальные промысловые артемиевые водоемы мира. Кроме этого, абсолютное большинство озер являются континентальными, и только несколько водоемов Крыма имеют связь с морской водой.

Впервые в России обратили внимание на артемию как источник корма для молоди рыб в конце 50-х – начале 60-х годов прошлого века. С 70-х гг. прошлого века началось изучение артемии в их природных местах обитания. С начала 80-х годов, когда началась заготовка цист артемии в промышленных масштабах, в России стали активно использовать стартовые корма из науплиусов и декапсулированных цист для подращивания личинок карповых, сиговых, осетровых, клариевого сома, судака и других рыб. За полувековой период исследований определен фонд артемиевых озер, определены запасы и разработаны методики определения этих запасов и прогноз вылова на последующие годы.

В настоящее время в Западной Сибири имеется несколько предприятий по переработке цист в готовую продукцию с общим объемом выпуска более 1,0 тыс. т в год. Цисты артемии, заготовленные в водоемах России, обеспечивают стартовым кормом все рыбоводные

хозяйства страны. Кроме того, значительная часть цист отправляется за границу. На мировом рынке цист Россия занимает 3-4 позицию после США и Китая.

Помимо традиционных способов использования цист артемии в аквакультуре многочисленными исследованиями было доказано их благоприятное воздействие на организмы животных и птиц при добавлении в корма в качестве биологически полноценной кормовой добавки. Разработана технология комплексной переработки некондиционных цист в органоминеральное удобрение, хитин и липидный концентрат. Обработка плодово-ягодных культур раствором удобрения из цист артемии способствует повышению урожайности. Разработаны рецептура и технологии использования декапсулированных цист при производстве молочных продуктов, в частности высококачественных сыров. Из цист артемии производятся биологические добавки и косметические средства.

Кроме цист артемии большой потенциал использования в качестве биоресурсов имеется у биомассы рачков артемии, промысел которых, по приблизительно оценке, в водоемах России может составить около 50 тыс. тонн.

Цисты артемии – природный биологический ресурс, возобновляемый, но истощимый. Периодически в мире возникают неурожайные годы, что ставит под угрозу целые отрасли аквакультуры. Дефицит цист артемии являлся всегда стимулом для поиска новых решений. Так, за последние 30 лет значительно расширилось количество водоемов, охваченных промыслом не только в России, но и за рубежом. Разработаны технологии заготовки и переработки цист, их активации и правильного хранения. В методах получения науплиусов и длительного их хранения тоже произошел прорыв. Более совершенные технологии кормления личинок рыб и ракообразных позволили сократить необходимое количество живых кормов (науплиусов артемии) в несколько раз. Так, в настоящее время для кормления 1 млн личинок креветок используется от 3 до 6 кг цист, раньше это количество было в несколько раз больше. Имеются не только зарубежные, но и отечественные достижения в области изучения и применения артемии. Так, использование инокуляции науплиусов в природные гипергалинные водоемы позволяет значительно повысить их продуктивность. А применение гаприна (белок, синтезированный метанотрофными бактериями) для обогащения науплиусов артемии, позволяет значительно повысить эффективность подращивания личинок рыб. Для того чтобы эти достижения не были только теоретическими, а люди, занимающиеся аквакультурой знали о новых разработках, подготовлена эта монография.

Целью работы является обобщение современных научных знаний об экологии, биологии и практическом использовании артемии в аквакультуре и обеспечение специалистов практическим руководством.

## Глава 1 КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ АРТЕМИИ В МИРЕ

Первое упоминание об артемии было датировано 982 г. Тогда неизвестный иранский географ обнаружил рачков в озере Урмия (Иран) [305]. Однако научный интерес к этому рачку появился значительно позднее. В 1755 г. в «Философских трудах» Королевского общества голландский врач, натуралист Иоганн Альберт Шлоссер сообщил о новых животных, обитающих в соленом водоеме близ Лимингтона на английском побережье [362, 399]. В то же время появились первые изображения артемии (рис. 1). Вид впервые описан под названием *Cancer salinus* Карлом Линнеем в 1758 г. Позже, в 1819 г. род был изменен на *Artemia* Leach, вид - на *Artemia salina* (Linnaeus, 1758).

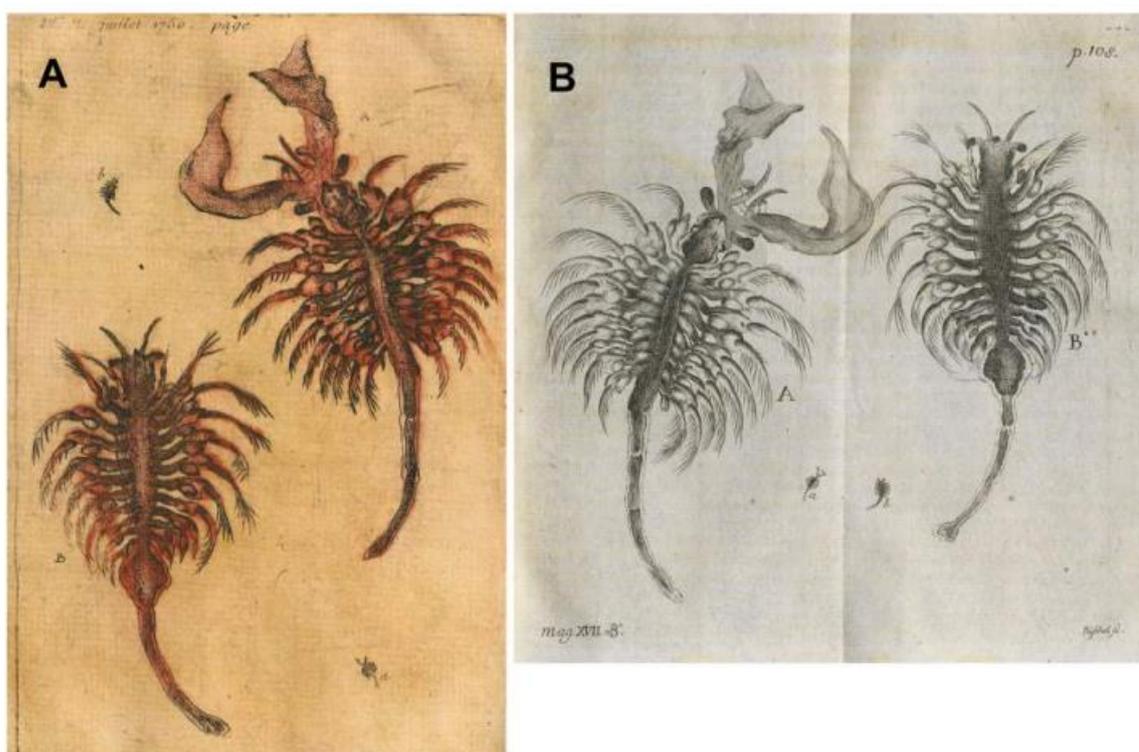


Рис. 1. Строение рачков *Artemia salina*, опубликовано в 1756 г. в научных журналах Парижа (А) и Гамбурга (В) (по Engelmann, Sliggers [362])

В 1972 году цисты артемии побывали в космосе и на Луне на борту космических кораблей Аполлон 16 и Аполлон 17 в качестве объекта научных исследований. Несмотря на колоссальные перегрузки и космическую радиацию около 10% цист артемии выжили, что было доказано вылуплением из них живых науплиусов в условиях Земли [331, 461].

В 1991 г. цисты артемии снова отправились в космос. В апреле и августе эксперименты на орбите на борту космического челнока Atlantis во время полетов STS-37 и STS-43 показали впечатляющие результаты: цисты артемии в рассоле смогли завершить эмбриональное развитие и вылупиться из своих оболочек, а также пройти стадии личиночного развития в

условиях микрогравитации космического полета. Цисты (в количестве 44 экз.) проклюнулись на борту космического корабля «Атлантис», полученные из цист науплиусы стали одними из первых животных, рожденных в космосе. Пять науплиусов выжили и благополучно вернулись на Землю [491].

Такая удивительная устойчивость артемии к неблагоприятным факторам, возможно, объясняется тем, что артемия – это одно из древнейших животных на Земле. Считается, что предки артемии, относящиеся к классу Branchiopoda, существовали уже в раннем девоне [456, 520], а представители Anostraca, отделившиеся от класса Branchiopoda, существуют начиная с нижнего мела [364], то есть около 145 млн лет.

В 30-х гг. прошлого столетия при кормлении молоди рыб науплиусами артемии была обнаружена их высокая питательная ценность [471; 482]. С тех пор отмечается большой интерес к этому гидробионту не только с научной точки зрения, но и с практической стороны, связанной со стремительным увеличением использования цист артемии в аквакультуре.

В 1979 г. в США (штат Техас) прошел первый Международный научный симпозиум по жаброному рачку артемии [292; 389], в котором с докладами участвовали российские ученые (Олейникова Ф.А., Спекторова Л.В., Семик А.М., Воронов П.М.). Проведение такого высокого ранга собрания ученых и практиков дало огромный толчок в развитии науки и практики использования артемии во всем мире.

С тех пор регулярно проводятся международные конференции, посвященные изучению артемии. При участии российских ученых и сотрудников из СибрыбНИИпроекта (ныне Тюменский филиал ВНИРО, Госрыбцентр) была проведена такая конференция в 2002 г. в Москве, по результатам конференции были опубликованы тезисы и доклады [19].

В 1978 г., по предложению FAO, в Европе на базе университета города Гент (Бельгия) был создан Артемиевый реферативный центр (ARC) по изучению артемии, основателем и руководителем центра является блестящий ученый профессор Патрик Соргелоос. С тех пор более 380 магистров из 50 стран обучались здесь, причем более 80 диссертантов (PhD) из 21 страны защитили здесь свои работы. Центр проводит обучающие стажировки для ученых и практиков, занимающихся изучением артемии. Авторы этой монографии (Бойко Е.Г., Литвиненко Л.И., Корентович М.А.) также прошли курсы повышения квалификации в этом центре. За время существования ARC были изданы несколько руководств [429, 430] и книг, посвященных артемии: *The Brine Shrimp Artemia...*, 1980 (3 тома); *Artemia: research and its applications...*, 1987 (3 тома); *Artemia biology...* в 1991 г.; *Artemia basic and applied biology* – в 2002 г. и другие. Был создан банк цист, содержащий более 2000 проб цист из сотен мест со всего мира.

В 2016 г. по инициативе ARC и при содействии FAO в Китае (Тяньзинский университет) был создан азиатский центр по изучению артемии в числе приглашенных экспертов на этом мероприятии присутствовали авторы монографии (Литвиненко Л.И., Корентович М.А.). В 2022 г. по инициативе П. Соргелооса и содействии FAO создан IACC (International Artemia Aquaculture Consortium), в который также вошли ведущие ученые России. Главными аргументами для создания Консорциума были обеспокоенность по поводу зависимости развития мировой аквакультуры от природных запасов цист, которые становятся весьма уязвимыми в условиях меняющегося климата. Подкомитет FAO рекомендовал разработать соответствующие руководящие принципы по устойчивому развитию аквакультуры артемии, включая наращивание ее потенциала.

Таким образом, вопросам аквакультуры артемии из-за ограниченности природных запасов цист уделяется пристальное внимание в последние годы.

Определенных успехов в этом направлении достигли вьетнамцы, которые стабильно получают 30-50 т цист в год, выращивая артемию в соленых выпариваемых прудах. Подобные работы ведутся в Иране, Таиланде, Бангладеш, Кении, Мозамбике, Филиппинах, Шри-Ланке, Перу, Бразилии и др. странах. В России разрабатываются технологии выращивания артемии в природных водоемах с местной популяцией артемии, что можно отнести к инновационным методам, которые могут быть использованы и в других странах умеренного климата.

В настоящее время цисты артемии во всем мире признаны идеальным живым кормом для личинок рыб и ракообразных. Их высокая оценка вызвана не столько питательной ценностью, сколько удобством в обращении. Высушенные цисты артемии без потери качества хранятся длительное время. В любое время можно получить из этих цист нужное количество науплиусов в течение суток. Это упрощает и удешевляет способ получения живых кормов.

Научный интерес к этому ракообразному, вызванный его значительными адаптационными возможностями, его исключительной осморегулирующей способностью, разнообразием физиологических, биохимических и морфологических свойств отдельных популяций, существованием полиплоидии (редкого явления в мире животных) сопровождался появлением множества научных публикаций.

Анализ публикационной активности в исследованиях артемии за период с 1970 по 2022 гг. был проведен по базам данных Web of Science Core Collection [314]. Результаты показали, что с 1970 г. все большее число ученых рассматривает артемию как важный вид в областях, связанных с аквакультурой. Наиболее значительный вклад в исследования артемии в основном внесли США, Бразилия, Испания, Индия, Китай и Бельгия.

## Глава 2 БИОГЕОГРАФИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТ ОБИТАНИЯ АРТЕМИИ

Соленые озера, являющиеся местом обитания артемии, географически широко распространены. В основном это внутренние водные экосистемы мира, образующиеся как конечные точки внутренних дренажных бассейнов, где гидрологические входы и выходы сбалансированы. Условием для формирования таких водоемов является засушливость территории, а это примерно около третьей части всей площади суши. Под влиянием окружающей среды состояние этих водоемов меняется. Помимо природных воздействий они испытывают и антропогенные, такие как: отвод поверхностного стока, засоление, добыча полезных ископаемых, загрязнение и другие виды деятельности на водосборе. Примером таких катастрофических изменений с участием человека является превращение солоноватого Аральского моря с ежегодным уловом рыбы в 60 тыс. т в высыхающий водоем с отдельными участками солоноватых и гипергалинных водоемов. В настоящее время значительные усилия Казахстана по восстановлению дамбы позволяют ежегодно в Северном Арале вылавливать до 6 тыс. т рыбы. Остальная часть высыхающего Арала стала местом обитания артемии, где с 2017 г. заготавливают 350 т цист и более, а в отдельные годы отмечаются рекордные объемы промысла до 3000 т сырья.

Обширная территория возможного обитания артемии в мире по климатическим факторам [510], приурочена ко всем континентам, за исключением Антарктиды (рис. 2А). Кроме того, отмеченные авторами территории, являются подходящими для проведения интродукции артемии.

С учетом изменяющегося климата возможно ожидать значительный ущерб, которому подвергаются соленые озера. Ученые пытаются спрогнозировать вероятный статус соленых озер на годы вперед. Так, на рис. 2Б показан прогноз мирового распространения артемии в 2025 г. с учетом климатических факторов [523], данный еще 20 лет назад. Показанная автором география расположения соленых озер в мире свидетельствует о том, что наибольшая территория таких водоемов приурочена к центральной части Евразийского континента.

А



Б

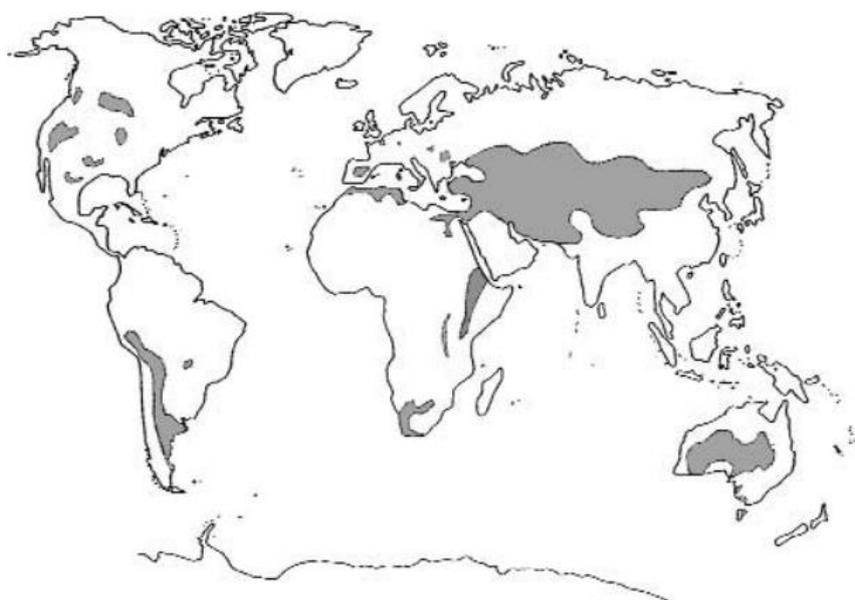


Рис. 2. Распространение артемии по Земному шару: А - потенциальное распределение ареалов артемии согласно климатическим факторам (по Vanhaecke et al., 1987 [510]); Б – прогноз состояния внутренних соленых озер в мире к 2025 г. (по Williams, 2002 [523])

Количество известных мест обитания артемии постоянно расширяется. Так, согласно обзору [511], в начале 2000-х годов было известно о 600 биотопах с артемией в 66 странах. Анализ литературных данных, проведенных нами [419] за последующие 15 лет, позволил увеличить этот список на 30 водоемов в Аргентине [340], на 199 водоемов в Китае [531], на 101 – в Казахстане [61;176; 257], на Украине и в Крыму – на 30 [486], в России - на 87 [151; 153; 485; 513]. В настоящее время насчитывается более 1000 мест обитания артемии, около 110 из них расположены в России (рис. 3).

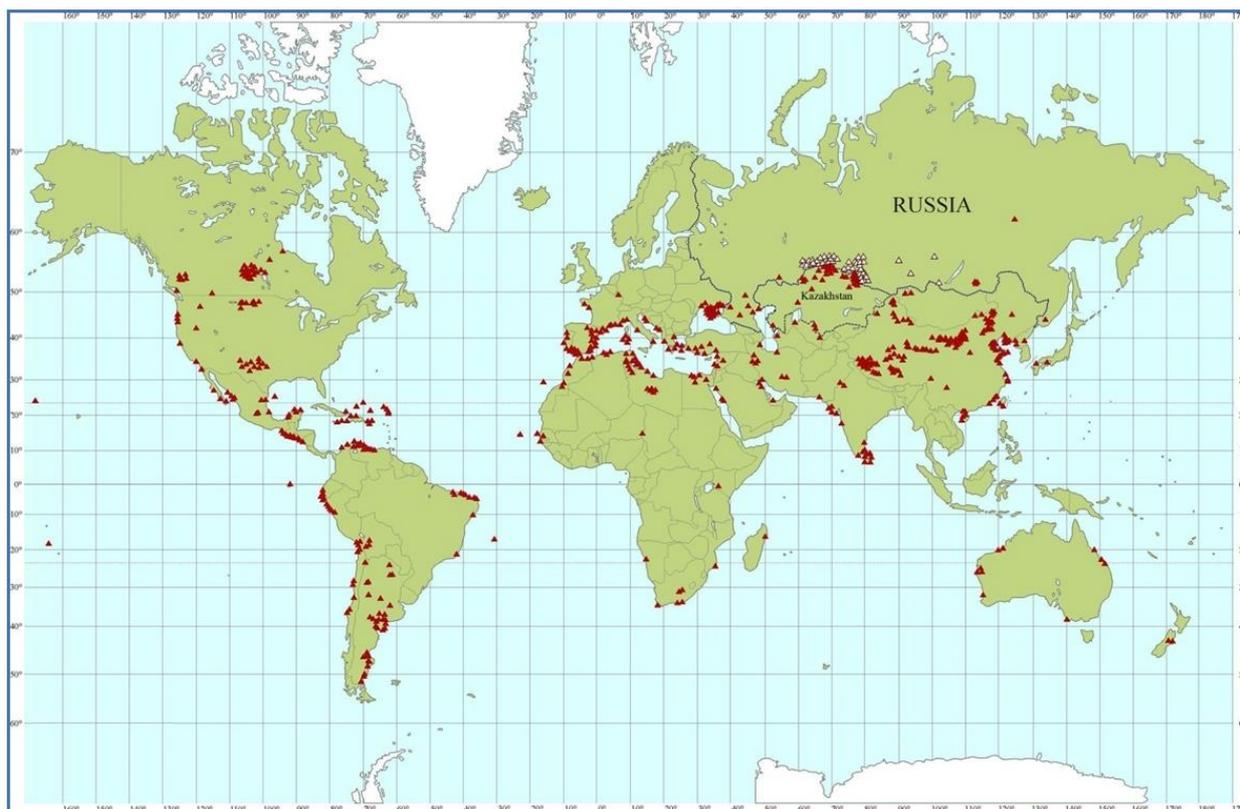


Рис. 3. Распространение рода *Artemia* в мире (по Litvinenko et al., 2015 [419])

В основном, артемия обитает в континентальных гипергалинных (хлоридных, сульфатных, содовых) водоемах, реже - в морских лиманах с соленостью выше морской.

Бисексуальные популяции артемии преобладают в Западной полушарии, в Восточной – партеногенетические, тем не менее бисексуальные также встречаются.

Ареал артемии расположен в аридной и полупустынной климатических зонах между  $56^{\circ}$  с.ш. и  $51^{\circ}$  ю.ш. Разграничение бисексуальных и партеногенетических популяций в Восточной полушарии наблюдается и в широтном направлении. Бисексуальные популяции преобладают в промежуточных широтах ( $35-40^{\circ}$  с.ш.), тогда как партеногенетические в высоких и низких ( $>40^{\circ}$  и  $<25^{\circ}$  с.ш.) [367].

В некоторых озерах Испании отмечался переход от одного типа размножения к другому. При низких температуре и солености (зимой и весной) рачки размножались половым путем, при высоких температуре и солености (летом и осенью) – партеногенетическим [301].

Между популяциями рачков Старого и Нового света имеется географический барьер в качестве океанов. Однако нельзя сказать, что в связи с наличием такого барьера наблюдается строгая изоляция, т.к. цисты могут распространяться водоплавающими перелетными птицами по всей планете. Рачки артемии – это излюбленный корм многих водоплавающих птиц.

Плавающие цисты прилипают к перьям и лапам птиц, а при попадании в пищеварительный тракт птицы цисты могут остаться жизнеспособными в течение двух суток [430]. Также определенную роль в распространении артемии играет антропогенный фактор.

Гипергалинные водоемы Нового Света являются ареалом обитания двух видов: *A. franciscana* и *A. persimilis*. В Старый Свет *A. franciscana* проникла вследствие деятельности человека при выращивании рачков на предприятиях по производству соли [514].

Между Европой и Азией отсутствует географический барьер, тем не менее можно сказать о наличии репродуктивной изоляции, что подтверждается существованием в Европе как бисексуальных, так и партеногенетических популяций.

В соответствии с морфологическими [386; 502], цитологическими исследованиями и аллозимным анализом белков [285; 293] наблюдается многообразие клонов. Для партеногенетических популяций характерен разный уровень пloidности. Считается, что полиплоидный генотип эффективнее справляется со стрессовыми условиями окружающей среды. В связи с этим артемия способна распространяться в условиях со значительными колебаниями солености и температуры воды.

В научной литературе хорошо показана генетическая дифференциация среди популяций Старого и Нового Света. М. Ней, изучив 20 локусов белка, выявил генетическую дистанцию между популяциями Старого и Нового Света, которая имеет размах от 0,74 до 1,50, а между азиатскими популяциями – от 0,005 до 0,36 [453].

Небольшая генетическая дистанция между азиатскими популяциями артемии требует проверки действительности существования видов *A. urmiana*, *A. sp.*, *A. sinica* и *A. tibetiana*, возможно это субпопуляции одного вида [156; 291; 443].

## Глава 3 БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ АРТЕМИИ

### 3.1 Систематическое положение и видовое разнообразие артемии в свете новых данных анализа ДНК

До 80-х гг. прошлого века общепризнанным было мнение, что существует только один вид – *Artemia salina* (Linn.), который подразделяется на множество отличающихся друг от друга рас, распределенных по типу размножения: 1) зигогенетические или бисексуальные (самки и самцы) и 2) партеногенетические (только самки) [458]. Международный симпозиум, который был проведен в 1979 г. в США, так и назывался *Artemia salina* [389].

В более поздних публикациях было выдвинуто предположение о том, что, в связи с географической изоляцией некоторых рас артемии, должны существовать разные виды артемии. Благодаря экспериментам по скрещиванию была доказана репродуктивная изоляция некоторых рас [316, 324; 336].

В настоящее время таксономический статус рода *Artemia* можно представить следующим образом [Asem et al, 2010; 531]:

Домен: Эукариоты (Eukaryota).

Царство: Животные (Metazoa).

Тип: Членистоногие (Arthropoda).

Подтип: Ракообразные (Crustacea Brünnich, 1772).

Класс: Жаброногие (Branchiopoda Latreille, 1817).

Подкласс: Sarcostraca Tasch, 1969.

Отряд: Жаброноги (Anostraca Sars, 1867).

Семейство: Артемиевые (Artemiidae Grochowski, 1896).

Род: *Artemia* Leach, 1819.

Видовая идентификация для рода *Artemia* имеет сложности, связанные, во-первых, с тем, что на морфологию рачков оказывает значительное влияние соленость воды в природных водоемах; во-вторых, с тем, что отсутствуют какие-либо существенные отличительные признаки строения тела рачков разных видов.

В морфологическом отношении (по размеру цист) наиболее обособленным считается вид *A. tibetiana*. У представителей этого вида самые большие цисты – 330 мкм [286]. У видов *A. urmiana* и *A. parthenogenetica* размер цист около 280-290 мкм. Меньший размер цист отмечен у вида *A. sinica* (255 мкм). Самые мелкие цисты (220-250 мкм) характерны для трех таксонов: *A. salina*, *A. franciscana* и *A. persimilis*. То же самое касается и науплиусов артемии, поскольку есть тесная прямая связь между размерами цист и науплиусов. В среднем длина

науплиусов I стадии большинства таксонов достигает 400-500 мкм, кроме представителей *A. tibetiana* (их длина составляет 667 мкм) [286].

С помощью сканирующего электронного микроскопа также были выявлены отличительные признаки, которые позволяют идентифицировать некоторые виды. Например, для *A. urmiana* – в выводковой камере самок имеются эктодермальные бугорки, а для *A. salina* – в основании совокупительного органа самца отсутствует шиповидный вырост [446; 501, 502].

По мнению ряда авторов, более надежными признаками, позволяющими различать виды у артемии, являются форма лобного бугорка второй антенны самца, количество шипиков и механорецепторов на нем [300; 444; 445; 498; 501; 524]. Еще одним ключевым признаком, хорошо согласованным с молекулярными данными, является наличие или отсутствие базальных шипов на совокупительном органе, что позволяет различить европейские от американских двуполых видов [498; 501]. При этом оговаривается, что разделение между образцами *A. monica* (= *A. franciscana*), *A. sinica* и *A. urmiana* не может быть установлено с уверенностью, если образцы не выращиваются в контролируемых условиях.

Учеными все же делаются попытки идентификации некоторых бисексуальных видов по самцам артемии по следующим показателям: строение гонопод (совокупительных органов), строение выростов на второй антенне, строение брюшка и фурки (**Приложение 1 и 2**).

В течение последних 40-50 лет мировая наука занимается проблемой установления видовой принадлежности артемии, но до сих пор ученые не пришли к единому мнению, поскольку введение в практику генетических методов выявило некоторые погрешности идентификации, основанной на географии и морфологических признаках рачков.

Так, в публикации 1986 г. [429] было отмечено существование только 6 видов:

- *A. salina* (Лимингтон, Англия),
- *A. tunisiana* (Европа),
- *A. franciscana* (Америка, Северная, Центральная и Южная)
- *A. persimilis* (Аргентина)
- *A. urmiana* (Иран)
- *A. monica* (озеро Моно, Калифорния, США).

Позднее [503] в обзоре биогеографии рода *Artemia* были выделены бисексуальные таксоны: *A. franciscana franciscana*, *A. franciscana monica*, *A. franciscana* sp., *A. persimilis*, *A. salina*, *A. urmiana*, *A. sinica*, *Artemia* sp. (Казахстан) и партеногенетические таксоны артемии, представленные ди-, три-, тетра- и пентаплоидными популяциями.

Обзор современной литературы по таксономической номенклатуре артемии [305] указывает на существование семи видов: трех, обитающих в Северной и Южной Америке, одного в Европе и трех в Азии:

- *A. monica* Verrill, 1869: США (озеро Моно, Калифорния),
- *A. franciscana* Kellogg, 1906: Северная и Центральная Америка, и острова Тихого океана.
- *A. persimilis* Piccinelli & Prosdocimi, 1968: Аргентина (Южная Америка),
- *A. salina* (Linnaeus, 1758): Средиземноморье,
- *A. urmiana* Günther, 1899: озеро Урмия (Иран), западная часть Азербайджана, Крым,
- *A. sinica* Cai, 1989: Центральная и Восточная Азия,
- *A. tibetiana* Abatzopoulos et al., 1998: Тибет (Китай),
- *A. sp.* Pilla & Beardmore, 1994 [460]: Казахстан (ориентировочно найден близ населенного пункта Атбасар, впоследствии наличие бисексуальных популяций не отмечено),
- *A. parthenogenetica* Varigozzi, 1974 [316], группа неопределенных до вида артемий (Европа, Африка, Азия, Австралия).

Систематики до сих пор пребывают в замешательстве относительно систематических и филогенетических взаимосвязей видов артемии. Например, есть два представления для *A. franciscana* и *A. monica*. Артемия из озера Моно не может быть скрещена с *A. franciscana* из-за неспособности двух видов переносить один и тот же ионный состав воды (озеро Моно содержит смесь анионов  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , а также ионы  $\text{CO}_3^-$ ). Поэтому считается, что *A. monica* эффективно лишена возможности обмениваться генами с *A. franciscana*, поэтому эти два вида известны как два разных "биологических вида" [336]. По мнению других [294; 503], *A. monica* может быть экологически отделена от *A. franciscana*, но генетическое расстояние между этими двумя таксонами меньше, чем расстояние между другими таксонами *Artemia*; следовательно, они могут быть описаны как родственные виды.

В современной систематике рода *Artemia* [312], благодаря использованию метагеномного, молекулярного и морфологического анализа артемии появились еще два вида, локализованных в Тибете и Казахстане, названные в честь известных ученых Патрика Соржелоса (*Artemia sorgeloosi* Asem, Eimanifar, Hontoria, Rogers & Gajardo n. sp., 2023) и Франциско Амата (*Artemia amati* Asem, Eimanifar, Hontoria, Rogers & Gajardo n. sp., 2023), последний таксон дан взамен *A. sp.* Pilla & Beardmore, 1994 (Казахстан). На рис. 4 показаны местообитания этих видов: *Artemia sorgeloosi* n. sp. (Тибетское нагорье, озеро Хайян в Китае); *Artemia amati* n. sp. (Казахстан).



Рисунок 4. Локализация исследованных популяций артемии. Map © 2022 Microsoft Corporation. *A. urmiana* (URM); *A. sinica* (SIN); *A. tibetiana* (TIB); *A. amati* n. sp. (AMA); *A. sorgeloosi* n. sp. (SOR) (по A. Asem et al., 2023[312])

Одной из наиболее важных проблем в систематике рода *Artemia* является ее облигатная асексуальность. Бесполое расы артемии образуют не определенные виды, а партеногенетические популяции [305; 317].

Всестороннее филогенетическое исследование с использованием митохондриальных и ядерных маркеров предоставило доказательства того, что партеногенетические таксоны *Artemia* образуют полифилетическую группу. При этом ди- и триплоиды по материнской линии связаны с *A. urmiana*. Тетра- и пентаплоиды имеют общего предка с *Artemia sinica*. Триплоидные и пентаплоидные линии, вероятно, происходят непосредственно от диплоидных и тетраплоидных партеногенов соответственно. Таким образом, Западная Азия является родиной ди- и триплоидов, Восточная Азия - и тетра- и пентаплоидов [307].

Хотя митохондриальный маркер субъединицы цитохромоксидазы I (COX1) подтвердил, что партеногенетические популяции были разделены на две полифилетические группы, ядерный маркер ITS1 предполагает общий гаплотип с участием всех степеней плоидности [307].

Кроме того, было показано, что партеногенетические популяции имеют общий основной гаплотип с *A. urmiana* и *A. tibetiana*, основанный на ядерном производителе ITS1 [356].

На сегодняшний день опубликованы только четыре митохондриальных генома видов *Artemia*. Исследование авторов, основанное на штрих-кодировании с помощью

митохондриального маркера COX1, показало, что партеногенетические популяции в некоторых биотопах имеют те же гаплотипы, что и *A. urmiana* [357]. Исходя из этого факта, использование только секвенирования COX1 для отличия *A. urmiana* от ди- и триплоидов сомнительно. Однако эти популяции нуждаются в дальнейшем изучении с особым акцентом на статус репродуктивного режима (бисексуальный или партеногенез).

Использование современных технологий, позволяющих иметь полные последовательности митохондриального генома, могут обеспечить более высокое разрешение и обеспечить лучшее понимание эволюционных взаимоотношений и структур артемии [311]. Секвенирование полного митохондриального генома *A. urmiana* с использованием технологии секвенирования следующего поколения Illumina Hi-Seq X с высоким охватом дало возможность авторам точно определить порядок и организацию генов во многих таксонах и сравнить результаты с обычными методами секвенирования.

В целом же, филогенетические отношения внутри рода *Artemia* все еще неоднозначны.

Согласно литературным данным [311] по митогеномам четырех видов артемии, секвенированным в настоящее время, *A. tibetiana* (TIB) и *A. franciscana* (FRA) имели самую большую длину (15 826 п.н. и 15 822 п.н.), а *A. sinica* (SIN) и *A. urmiana* (URM) имели самую короткую длину (15 689 п.н. и 15 699 п.н.) соответственно. Тем не менее, независимо от области CR, не было обнаружено существенных различий между сцепленными последовательностями тРНК, PCGs и рРНК четырех признанных видов артемии (URM: 14 027 п.н., TIB: 14 014 п.н., SIN: 14 027 п.н., FRA: 14 000 п.н.).

На сегодняшний день для филогенетических исследований артемии использовался только COX1, однако, митогеномные результаты показали значительную разницу в нуклеотидном составе ATP8, ATP6, ND3, ND6, ND1 и COX3. Из-за филогенетических проблем в р. *Artemia* [310], в будущих исследованиях внутри- и межвидовой изменчивости рода *Artemia* должны быть рассмотрены другие митохондриальные маркеры с высокой вариабельностью нуклеотидов.

В настоящее время ученые пришли к общему мнению о необходимости дальнейших исследований других полных митогеномов артемии, как обоеполых, так и партеногенетических линий. Это прояснило бы их филогенетические отношения и характер диверсификации, а также предложило бы новые митохондриальные маркеры для эволюционных и популяционных генетических исследований.

В связи с филогенетическими проблемами рода *Artemia*, продолжается проект, связанный с секвенированием полных митохондриальных геномов всех обоеполых видов и партеногенетических артемий с различными уровнями плоидности Хайнаньским тропическим

океаническим университетом (Китай), и результат этого исследования прояснит филогенетические отношения между таксонами артемий.

Подробный анализ относительно полного генома артемии позволяет ученым не только дифференцировать виды артемии, но и исследовать ее экстремофильные свойства [345]. Так, одно семейство генов фосфолипазы D, играющее важную роль в реакции на стресс, уникально присутствовало у экстремофилов: артемии и у тихоходок (*Hypsibius dujardini* Douyère, 1840).

Распределение разных видов артемии по континентам, представленное схематично на рис. 5, показывает, что в Восточном полушарии наиболее распространены партеногенетические популяции, обитающие в водоемах Европы, Африки, Азии и Австралии; в Западном полушарии – *Artemia franciscana*.



Рис. 5. Распространение видов *Artemia*: по Ковачева и др., 2019 [130]

На тихоокеанском побережье Евразии и в Австралии появление *Artemia franciscana* связано с деятельностью человека по вселению артемии в прибрежные соляные водоемы, причем в этих местах *Artemia franciscana* уже натурализовалась и внесла вклад в повышение качества сбора цист в данных районах [514].

Инвазия *Artemia franciscana* в бассейне Средиземного моря началась с ее первым появлением в 1980-х гг. в Хорватии. Современные исследования [387] доказывают дальнейшее распространение этого вида. В настоящее время он достиг восточных берегов Адриатического моря и присутствует на Балканском полуострове.

Согласно литературным данным [302], интродуцированный вид *A. franciscana* в Средиземноморском регионе периодически регистрируется вместе с автохтонными формами *A. salina* и партеногенетической артемии (диплоидные и тетраплоидные штаммы). На основе

образцов цист артемии, собранных в водоемах Италии, юга Франции, Пиренейского полуострова и Марокко с 1980 по 2002 г. было установлено расширение распространения инвазионного вида *A. franciscana*. Полученные результаты показывают, что *A. franciscana* в настоящее время является доминирующим видом артемии в солончаках вдоль французского побережья Средиземного моря и в заливе Кадис (Испания). Сосуществование автохтонных (партеногенетических) и популяций американских артемий наблюдались в Марокко (Мар-Чика) и Франции (Эг-Морт). Результаты показывают, что инвазия *A. franciscana* возникла в результате преднамеренной или непреднамеренной инокуляции (например, в результате стока при выращивании аквариумных рыб или рыбоводных хозяйств). Исследования говорят о том, что местные виды артемии могут быть быстро замещены инвазионным американским видом. Что должно быть предостережением возможной потери биоразнообразия артемии.

Масштабное распространение *A. franciscana* в водоемах Восточного полушария [356] хорошо представлено в **Приложении 3**. В некоторых географических регионах (Вьетнам, Шри Ланка, юго-восток Индии) показано 100% присутствие этого вида, в районе залива Бохай и по юго-восточному побережью Китая – 70-75%; в водоемах Ирана – 85%, Пакистана – 65%, континентальных водоемов Китая – 25%.

Таким образом, в мире наиболее распространены *A. franciscana* и *A. parthenogenetica*, которые, вероятно, в силу своих исключительных продукционных качеств способны завоевывать огромные территории. Поэтому при выборе объекта аквакультуры это нужно учитывать.

### 3.2 Эволюция рода *Artemia* в свете современных представлений

Жаброногие ракообразные, судя по наличию окаменелых остатков [495], существуют с девонского периода (примерно около 400 млн лет). Артемия произошла от древнего предка (*Lepidocaris rhyniensis*, Scourfield, 1926), в то время заселявшего территории Средиземноморья. Исходя из геологических данных, это было единственным местом на Земле, где наблюдалась высокая соленость, необходимая для развития артемии [455; 518].

Разнообразие видов артемии как партеногенетических, так и бисексуальных, населяющих Средиземноморье, подтверждает гипотезу о возникновении рачков именно в этой области [367]. Далее артемия распространилась по всей нашей планете. Около 25 млн лет назад случилось разделение популяций Старого и Нового Света. Считается, что у *A. persimilis* более близкое родство с первоначальным предком [315; 367; 457]. На данный момент этот вид

обитает только в прибрежных водоемах Аргентины. *A. persimilis* является единственным видом, у которого гаплоидное число хромосом – 22, в то время как у остальных - 21.

Существует гипотеза происхождения видов рода *Artemia* и в частности *A. urmiana* [9], согласно которой, общий предок Artemiidae и Parartemiidae существовал в лагунах палеоокеана Панталасса и моря Тетис и соленых озерах суперконтинента Пангея. Раскол Пангеи на Гондвану и Лавразию, произошедший 220-150 млн лет назад и последующее за этим разделение Гондваны дали начало дрейфу тектонических плит, что явилось наиболее важным событием в диверсификации протоартемий. Согласно гипотезе, общий предок *Artemia*, *Parartemia* и *Artemia persimilis* еще существовал около 85 млн лет назад. Раздельная их эволюция началась примерно 80 млн лет назад [317]. В результате дрейфа Индо-Австралийской плиты предки *Parartemia* оказались в изоляции от других артемий. Дрейф Южно-Американской плиты изолировал предков *A. persimilis* в Южной Америке. Молекулярно-генетические данные свидетельствуют о времени формирования *Artemia salina* примерно 40 млн лет назад [317]. Это связано с разделением ветвей *A. salina* и (*A. urmiana*, *A. franciscana*). В литературе есть данные [380] что для представителей Branchiopoda молекулярная эволюция может существенно ускоряться в экстремальных условиях (высокие солености, повышенный уровень УФ и т.д.). Учитывая условия обитания артемий, можно предположить, что сроки формирования видов, полученные с использованием молекулярно-генетических «часов», являются завышенными. В позднем миоцене (около 15 млн лет назад) произошло разделение Тетиса на Средиземноморский бассейн и Паратетис. Дальнейшая эволюция *A. salina* была связана со Средиземноморским бассейном, *A. urmiana* – с Паратетисом, а *A. franciscana* – с Северной Америкой.

Филогенетическая гипотеза систематики артемии, выдвинутая испанскими учеными [479], основана на анализе полных митогеномов, опубликованных в литературе и доступных в GenBank. В частности, в анализе использованы: митогеном *A. franciscana* из залива Сан-Франциско (NC001620.1) [457; 505], митогеномы *A. sinica* (MK069595.1) [308, 309], *A. urmiana* и митогеномы из образцов двух популяций Тибета (идентифицированной как *A. tibetiana*, NC021382.1, JQ975177.1, JQ975178.1 соответственно) [529]. Наконец, чтобы включить в анализ образец *A. persimilis*, авторы объединили частичные митогеномные последовательности трех генов (cox1, 12S и 16S), полученные из двух разных образцов из водоемов Аргентины. Авторы использовали окаменелость артемии для калибровки молекулярных часов и обсуждения времени расхождения внутри рода. Эта гипотеза предполагает более поздние временные рамки для разделения линий, чем рассматривалось ранее. Филогеографический анализ был проведен с использованием доступных в GenBank

митохондриальных и ядерных маркеров. Доказательства потока генов, выявленные по несоответствиям между ядерными маркерами и маркерами мтДНК, были использованы для пересмотра специфического статуса некоторых таксонов. В результате исследований авторы пришли к выводу, что артемия представлена пятью эволюционными единицами: южный конус, средиземноморско—южноафриканский и Нового Света, западноазиатская и восточноазиатская линии. При этом *Artemia persimilis* была отнесена к линии южного конуса, *Artemia salina* – к средиземноморско-южноафриканской линии, *Artemia urmiana* - к западноазиатской линии и *Artemia sinica* - к восточноазиатской линии. Авторы предложили для видов линии Нового Света использовать название *Artemia monica*, поскольку это наименование исторически имеет номенклатурный приоритет перед *A. franciscana*. Внутреннее глубокое ядерное структурирование в видах *A. monica* и *A. salina* может свидетельствовать о существовании дополнительных эволюционных единиц внутри этих таксонов.

На рис. 6 представлена хронология появления рода и видов артемии. Согласно авторам этой гипотезы, появление артемии произошло в олигоцене примерно 22-30 млн лет назад. Отделение ветви *A. persimilis* от остальных видов произошло в миоцене примерно 15 млн лет назад. Отделение *A. salina* от остальных видов произошло примерно 11 млн лет назад. Отделение *A. monica* (*A. franciscana*) от других видов - около 8 млн лет назад, разделение видов *A. sinica* от ветви *A. urmiana* – около 6 млн лет назад. Распадение *A. urmiana* на линии, представленные в озере Урмия (Иран), в Китае, на Тибете произошло 2-3 млн лет назад.

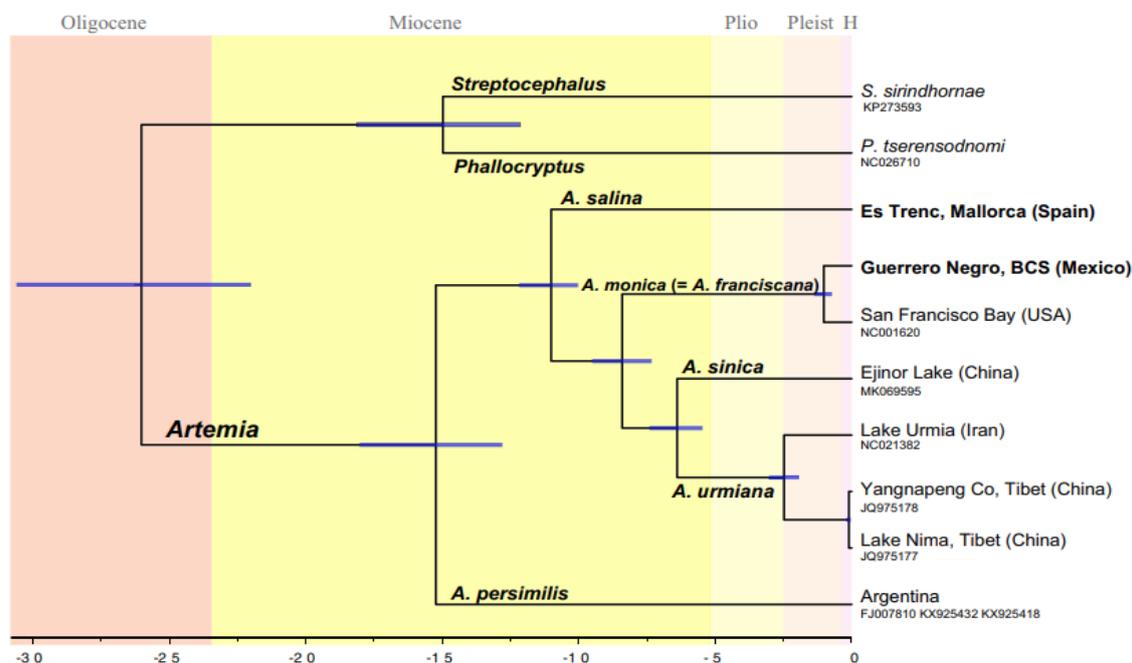


Рис. 6 Хронограмма времени расхождения линий артемий, полученная с использованием BEAST; время - в млн лет; синие горизонтальные полосы - 95% вероятность; апостериорное значение вероятности =1, получено для всех узлов (по Sainz-Escudero et al., 2021[479])

Современное представление о филогении хорошо демонстрирует диаграмма, построенная на последовательностях ядерной области ITS1 (рис.7). Обращает на себя внимание близкое положение на филогенетическом древе рис. 7 объединенных в одну линию (*Artemia urmiana*) бисексуальных и партеногенетических популяций артемии Ирана, Тибета, Украины и Казахстана.

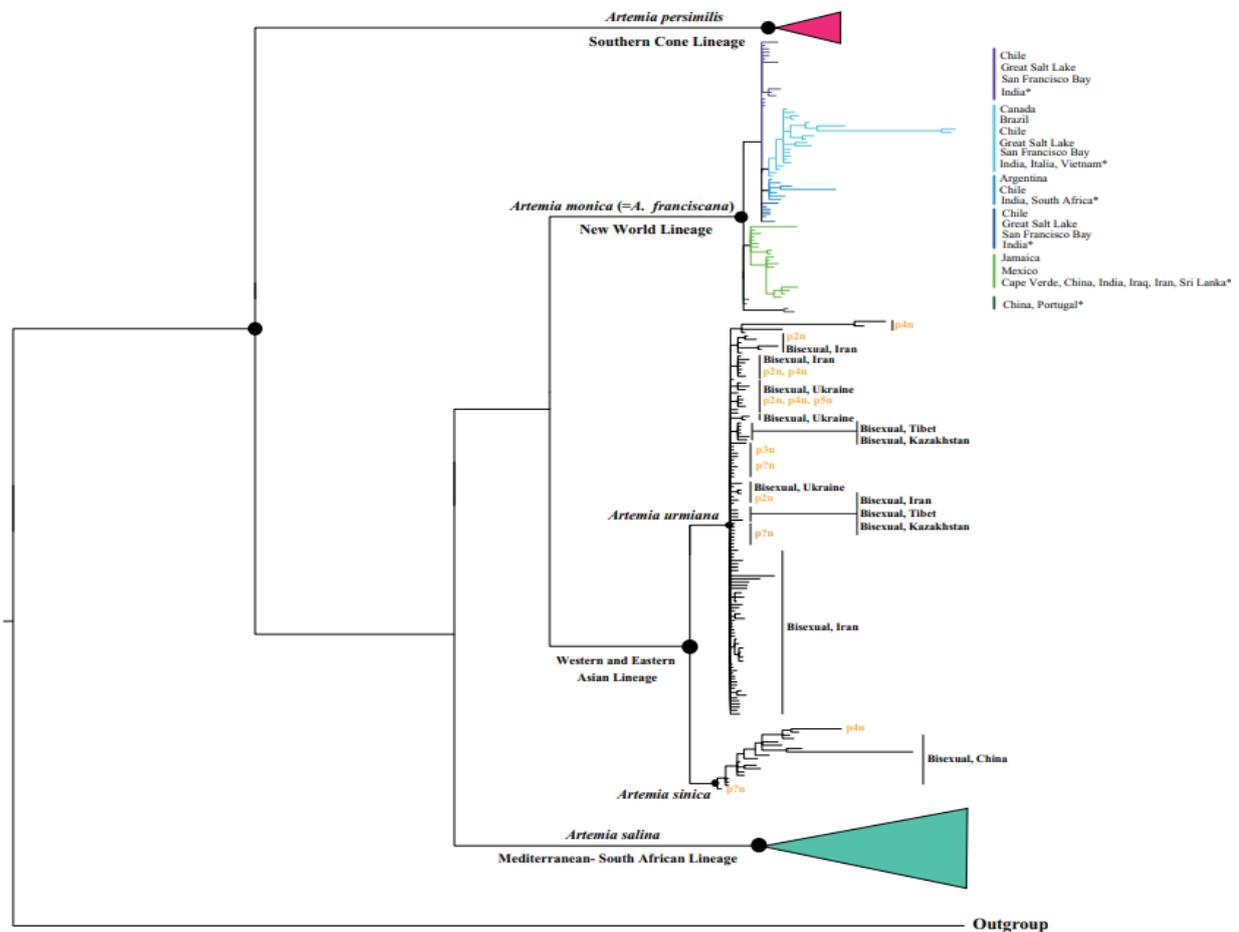


Рис. 7. Байесовские филогенетические отношения артемии, основанные на последовательностях ядерной области ITS1, апостериорные вероятности >0,90 обозначены черными точками (по Sainz-Escudero et al., 2021[479])

В происхождении партеногенетических популяций до сих пор существует много вопросов. Согласно литературным данным [457], партеногенетические популяции отделились от бисексуальных (линия *A. salina*) около 5,4 млн лет назад.

Факт сохранения партеногенеза в популяциях Старого Света и его отсутствие в популяциях Нового Света вызывает интерес с эволюционной точки зрения. Давность партеногенетического размножения артемии не соответствует другим представителям беспозвоночных и позвоночных, т.к. асексуальное воспроизводство считается более современным явлением [367].

Некоторая противоречивость во временных рамках эволюционного развития артемии, трудности в идентификации бисексуальных видов и особенно партеногенетических в

популяционном отношении, все это говорит о том, что точку поставить в этом вопросе еще рано. Идентификация популяций по цистам артемии – это еще один важный вызов для науки, который имеет большое практическое значение при промысле цист тем, что позволит предотвратить их нелегальный промысел. О наших исследованиях по этой важной проблеме показано в разделе 6.9.

### 3.3 Основные факторы, определяющие развитие артемии

Популяции артемии, живущие в специфических для них биотопах, имеют разные пределы толерантности к абиотическим условиям. Из факторов внешней среды соленость воды является определяющим фактором существования и количественного развития артемии в условиях как тропического, так и умеренного климата. В условиях умеренного климата наибольшее влияние на сезонное развитие артемии оказывает температура. Действие таких факторов, как содержание кислорода в воде, кормность водоемов, наличие конкурентов и хищников и т.п. могут значительно ограничить количественное развитие артемии в водоемах.

Артемия, обитающая в мелководных озерах, адаптирована к экстремальным условиям окружающей среды (большим колебаниям температуры, низкому содержанию кислорода и высокой солености). Иногда водоемы, в которых обитают рачки, могут промораживаться или пересыхать, в этих случаях популяции артемии могут приспосабливаться к неблагоприятным условиям благодаря высокой плодовитости и способности образовывать диапаузирующие яйца - цисты. Рассмотрим подробнее эти факторы.

#### 3.3.1 Соленость

Общая минерализация воды является основным фактором для обитателей галинных и гипергалинных водоемов [126]. Изначально артемия была пресноводным организмом, тем не менее, уходя от пресса пищевых конкурентов и хищников, артемия приспособилась к жизни в воде с высокой концентрацией солей. Рачки артемии в природных водоемах были обнаружены при солености от 10 до 340 г/л [429]. В гипергалинных водоемах Западной Сибири, где отмечены популяции артемии, сумма солей колеблется в широких пределах (от 30,0 до 417,0 г/л). [418], при крайне низкой и высокой солености популяция сохраняется в водоеме в виде цист; живые рачки были отмечены при солености в пределах 34-370 г/дм<sup>3</sup>.

Эвригалинные свойства артемии связаны с высокоразвитой способностью к осморегуляции. По отношению к внешней среде кровь артемии почти всегда гипотонична. С

увеличением концентрации солей в воде повышается и внутреннее осмотическое давление, однако это повышение оказывается несоразмерно более низким, чем в среде. Так, например, при солености 150 ‰ и выше гемолимфа артемий становится лишь немного концентрированнее, чем морская вода (35 ‰) [343]. При солености внешней среды ниже 10 ‰ кровь артемий оказывается гиперосмотичной к среде. Важную роль в осморегулярных процессах играют жабры (экзоподиты) и кишечник. Эпителий экзоподитов способен к интенсивной экскреции солей в гиперосмотической среде и поглощению их в случае опреснения среды. Стенки кишечника осуществляют регуляцию водного баланса [464].

Согласно литературным данным [429], концентрация NaCl более 250 г/л оказывает на артемию токсическое воздействие, однако при солености менее 70 г/л развитие популяций артемии в природе прекращается в связи с тем, что рачки не имеют защитных приспособлений от хищников и проигрывают конкуренцию с другими планктонными видами - фильтраторами (рис. 8).

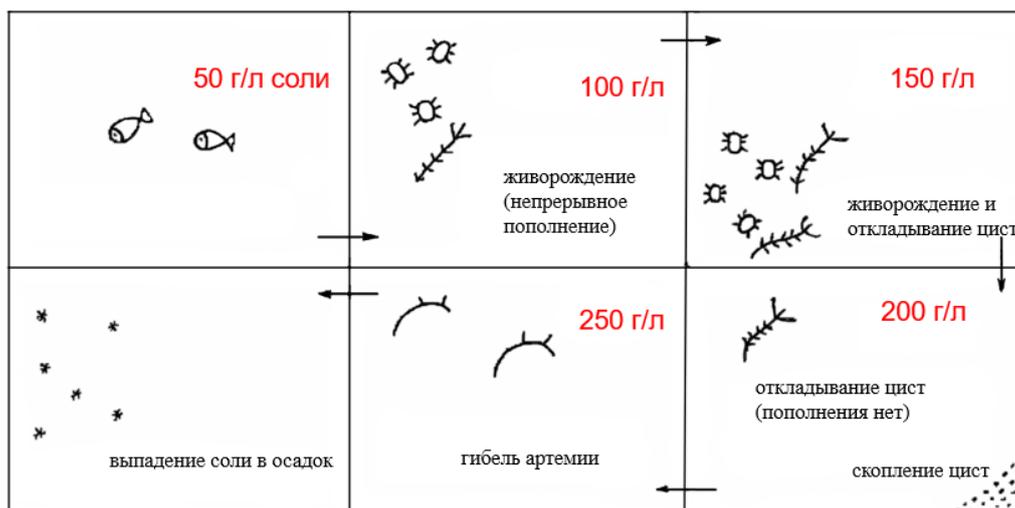


Рис. 8. Модель действия солевого раствора воды на развитие артемии (по Manual..., 1986 [429])

Наиболее благоприятная для рачков соленость – 90-200 ‰, причем для производства цист предпочтительна соленость в пределах 120-200 ‰, а для развития и роста рачков – 90-170 ‰ [322; 522].

Оптимальный диапазон солености для вылупления науплиусов большинства видов артемии составляет от 5 до 90 ‰ [401, 402]. Более низкий диапазон оптимальной солености (от 1 до 50 ‰) определен в экспериментах с инкубацией цист в искусственно созданном растворе и в разбавленной природной воде сибирских озер [165]. Оказалось, что вылупление науплиусов из цист происходит как в водопроводной, так и в дисциллированной воде, но добавление в воду даже в небольшом количестве соли (NaCl) и соды (NaHCO<sub>3</sub>) увеличивает

процент вылупления в 1,5-2 раза. При этом наилучшие показатели вылупления были отмечены при разбавлении сильноминерализованной воды озер Эбейты (195‰) и Медвежье (240 ‰) до солености 15-20 г/л и менее минерализованной воды озера Филатово (150 ‰) - до 1 г/л.

Следовательно, для вылупления науплиусов артемии в гипергалинных водоемах важно разбавление солености рапы, которое наблюдается в природе при таянии снега и льда, выпадении дождевой воды, а также за счет притока поверхностных вод. При опреснении воды цисты гидратируются, их оболочки разрываются, далее появляются на свет свободно плавающие науплиусы. Однако науплиусы артемии гибнут от пребывания в пресной воде в течение нескольких часов, в связи с этим им противопоказана пресная вода [165].

### 3.3.2 Температура

Помимо солености наиболее существенное влияние на биоценоз оказывает температура воды, определяющая сезонные циклы развития гидробионтов. Гипергалинные озера в умеренном климате отличаются большой амплитудой годовой температуры поверхностной рапы. По литературным данным, в соляных озерах Западной Сибири в течение года температура рапы колеблется от -21,5 зимой до +75<sup>0</sup>С летом [93]. Амплитуда годовых колебаний озерной рапы, зафиксированная в исследованиях по артемиевым водоемам Западной Сибири, несколько ниже и варьировала от -15 до +38<sup>0</sup>С, что в сумме составило 53<sup>0</sup>С. Несколько ниже диапазон температур в местах обитания артемии (от -3 до +46<sup>0</sup>С) показан в мелководных водоемах Азово-Черноморского бассейна [20; 57; 322; 511].

Артемия – теплолюбивый организм, рачки выдерживают температуру в диапазоне от 2 до 37 °С при оптимуме - 20-30 °С. Некоторые тайландские и вьетнамские популяции адаптированы к температуре, близкой 40 °С [337; 517]. При температуре ниже 5 °С метаболизм рачков артемии замедляется, и они гибнут [469]. При прогреве воды до температуры 37<sup>0</sup>С и выше содержание кислорода стремится к 0 мг/л. Все это вместе приводит к гибели рачков. Период с неблагоприятными температурами артемия переживает в водоеме в виде цист.

### 3.3.3 Кислород

Содержание кислорода в рапе озер, где обитают артемии, как правило, низкое, поскольку известно, что растворимость кислорода в воде снижается с увеличением солености и температуры. При отрицательных температурах в зимнее время в озерах Западной Сибири

содержание кислорода было в пределах 1,3-8,8 мг/л, при положительных – 0,8-15,0 мг/л. При прогреве воды до 36<sup>0</sup>С и выше содержание кислорода опускалось до 0 мг/л [153]. Максимальные показатели кислорода фиксировались в апреле при наибольшем распреснении воды.

Согласно литературным данным [72], концентрации растворенного в воде кислорода, при которых начинают проявляться признаки угнетения артемии у науплиусов, ювенальных и взрослых рачков, составляют 0,30; 0,34 и 0,50 мг/л соответственно; летальная концентрация – при 0,17; 0,22 и 0,29 мг/л соответственно. Оптимальная концентрация кислорода в воде для роста и развития артемии составляет 6-8 мг/л [20].

### 3.3.4 Свет

Рачки обладают четко выраженной чувствительностью к свету, которая связана с наличием сложных глаз. С помощью глаз они ориентируются на свет, плавая в толще воды на спине. В кожном покрове рачков нет светочувствительных клеток. При удалении глаз артемия перестает реагировать на свет, теряет ориентацию и плавает в различных положениях, часто спиной вверх [521].

Как и все жаброноги, артемия по-разному относится к свету в течение онтогенеза. Только что вылупившиеся науплиусы проявляют положительный фототаксис. По мере роста обнаруживается отрицательная реакция на свет. Отношение к свету также существенно меняется в зависимости от длительности пребывания рачков в световых или затемненных условиях. Продолжительное существование на свету вызывает у них стремление переместиться в затемненные участки и наоборот. При снижении концентрации растворенного кислорода в воде взрослые артемии реагируют на свет положительно [521].

Значительное воздействие на световую реакцию оказывают химические условия среды. Взрослые рачки положительно реагируют на свет, когда содержание кислорода в воде сильно понижается. Науплиусы артемии проявляют отрицательный фототаксис при значительном опреснении воды, тогда как взрослые особи не изменяют своего отношения к свету в широких пределах концентрации солей [525].

### 3.3.5 Сероводород

Для большей части гидробионтов сероводород губителен, даже в невысоких концентрациях. Однако артемии обладают устойчивостью к его большому содержанию. Для

науплиусов, ювенольных и взрослых рачков смертельные концентрации сероводорода составляют 76, 88 и 109 мг/л соответственно [72]. Возможно, что не только высокая соленость, но и высокое содержание в артемиевых озерах сероводородных илов приводит к бедности флоры и фауны.

Физиологическая адаптация артемии к высокой солености, высокому содержанию сероводорода, низкому содержанию кислорода способствующая к избеганию контактов с хищниками и конкуренции с другими фильтраторами, обеспечивается [430]:

- способностью синтезировать дыхательные пигменты, что помогает справиться с низким содержанием кислорода в воде при высокой солености;
- эффективной осморегулирующей системой;
- способностью производить диапаузирующие цисты при неблагоприятных условиях окружающей среды.

### 3.4 Биология артемии

#### 3.4.1 Рост и развитие артемии от науплиуса до взрослой стадии

Артемия обладает высокой скоростью роста. За две недели в условиях культуры, а в природных условиях за 3-4 недели артемия достигает взрослой стадии (рис. 9). При этом длина и масса артемии увеличивается соответственно в 50 раз (от 0,26 до 13,0 мм), биомасса – в 500 раз (от 0,01 до 5,0 мг).



Рис. 9. Диаграмма увеличения длины и массы артемии от цисты до взрослой стадии (по Leger et al., 1987 [408])

При погружении в пресную воду, а также в воду с соленостью до 50-80‰ сухие двояковогнутые цисты гидратируются, приобретая форму шара, при этом эмбрион, находящийся внутри оболочки, возобновляет прерванный метаболизм. Как правило, через 16-20 ч внешняя оболочка цисты разрывается и появляется эмбрион (рис. 10).

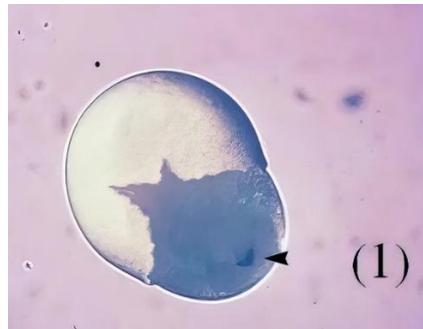


Рис. 10. Циста в стадии разрыва, где 1 – глаз науплиуса (по Manual..., 1996 [430])

В период, когда эмбрион висит под пустой скорлупой (стадия «зонтика») и еще не полностью освободился из кутикулярной мембраны развитие науплиуса завершается. Затем в течение короткого периода времени мембрана разрывается и рождается свободно плавающий науплиус (рис. 11).

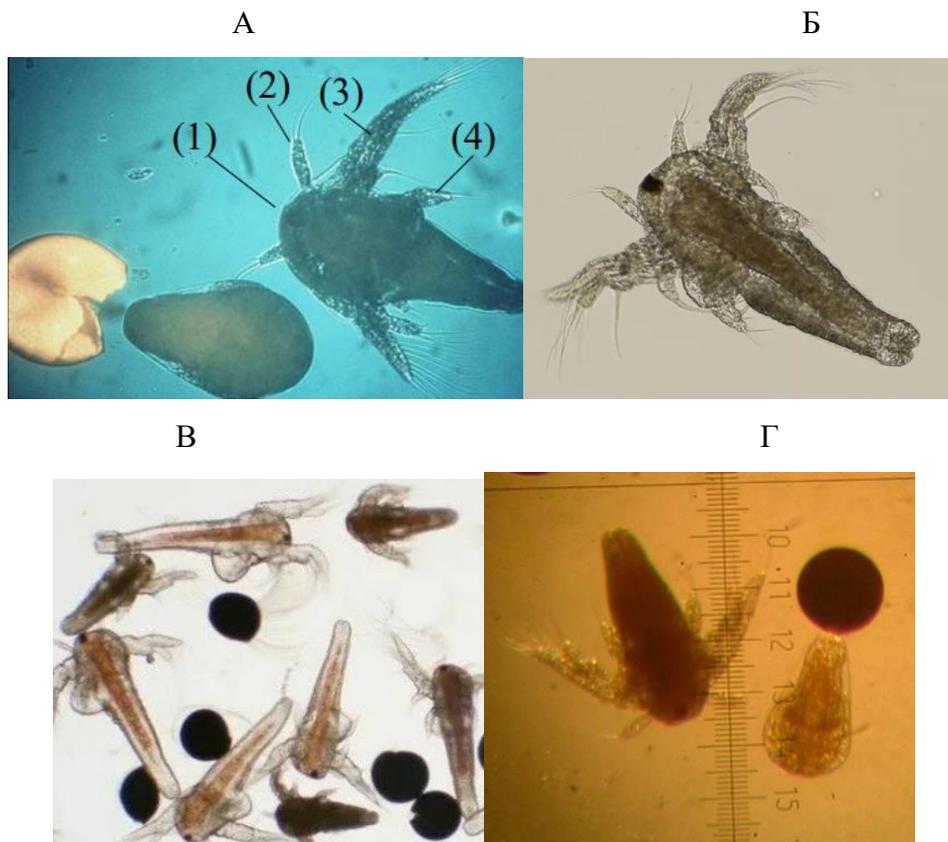


Рис. 11. Фото науплиусов артемии: А, Б, В – (по Manual..., 1996 [430]); Г – фото авторов; на рис. А: 1 – глаз науплиуса; 2 – антеннула; 3 – антенна; 4 – нижняя челюсть

На рис. 12 представлено строение науплиуса артемии: I стадии и II стадии, а также обозначение внешних органов науплиуса: науплиальный глаз, антенна I, антенна II, экзоподит, эндоподит, лабрум (верхняя губа), мандибулы (верхняя челюсть), плавательные щетинки, нижняя челюсть, кишечник, тельсон, анус, ротовое отверстие (mulut), внутренняя ветвь конечности (endite).

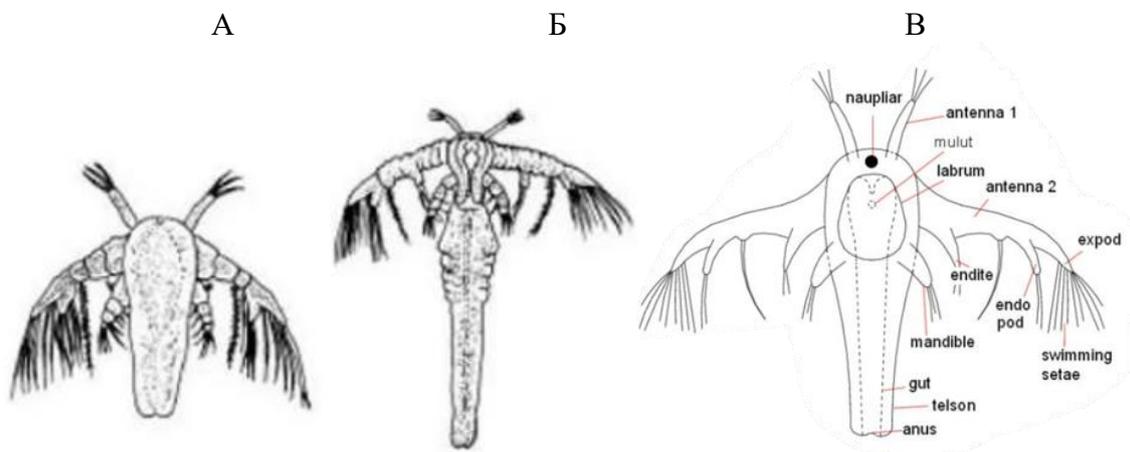


Рис. 12. Схема строения науплиуса артемии: I стадии (А); II стадии (метанауплиус) (Б); В – обозначение органов науплиуса (по Manual..., 1996 [430])

Науплиусы I личиночной стадии имеют размеры в пределах 0,4-0,6 мм и массу 0,01-0,06 мг, красный глаз в области головы и 3 пары придатков:

- 1) антеннулы, выполняющие сенсорную функцию;
- 2) антенны, выполняющие двигательную и фильтрующую функции;
- 3) мандибулы и максиллы, выполняющие функция поглощения пищи.

Науплиусы артемии окрашены в оранжевый цвет, насыщенность которого зависит от концентрации каротиноидов в гиподерме [430]. Вентральная сторона покрыта большой верхней губой, с помощью которой также происходит поглощение пищи путем переноса частиц с фильтрующих щетинок в ротовую полость. Науплиус I стадии не может принимать пищу, поскольку его пищеварительная система не функционирует (ротовое отверстие и анус еще закрыты), а питание его осуществляется за счет запасов желточного мешка. Приблизительно через 8-12 ч науплиус после первой линьки переходит в метанауплиальный период развития, состоящий из 4 стадий. У метанауплиуса I стадии начинает функционировать пищеварительный тракт. Мелкие пищевые частицы, такие как бактерии, клетки водорослей, детрит размером 1-50 мкм отфильтровываются вторыми антеннами и попадают в уже функционирующий пищеварительный тракт. На протяжении следующих 8-10 дней артемия проходят остальные 3 стадии развития [430]. В метанауплиальный период в области туловища

возникают парные дольчатые придатки, которые трансформируются в торакоподы, а по обеим сторонам науплиуса появляются глаза (рис. 13).

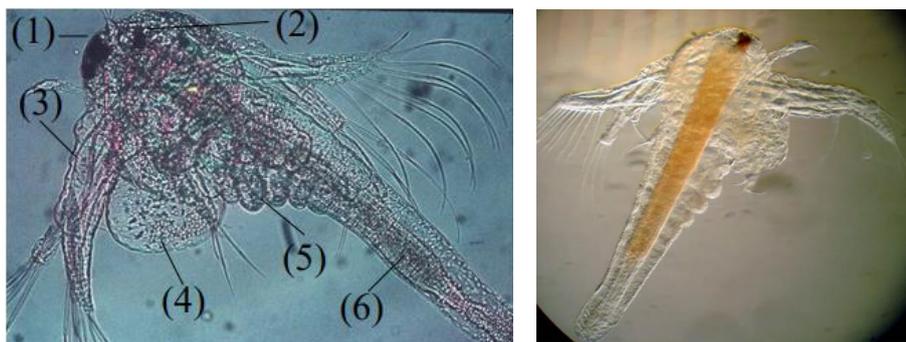


Рис. 13. Науплиус V личиночной стадии: 1 – науплиальный глаз; 2 – латеральный сложный глаз; 3 – антенна; 4 – верхняя губа; 5 – почкование торакопод; 6 – пищеварительный тракт (по Manual..., 1996 [430])

С момента завершения пятой линьки начинается ювенальный период, состоящий из 7 стадий. По окончании тринадцатой линьки начинается предвзрослый период развития, который включает в себя 5 периодов [116; 429, 430]. В этот период происходят важные функциональные и морфологические изменения. Усики утрачивают двигательную функцию и претерпевают половую дифференциацию. У самок усики превращаются в сенсорные придатки, а у самцов в крючковатые хвататели [430]. Взрослые рачки длиной около 8 - 15 мм имеют удлинненное тело с тремя отделами: голова, грудь и брюшко (рис. 15).

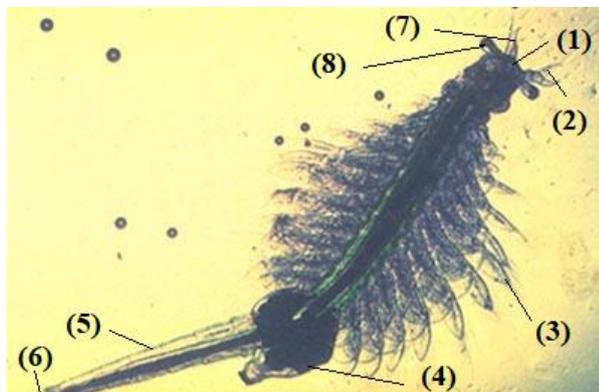


Рис.15. Взрослая самка, где 1 – науплиальный глаз; 2 – антеннулы; 3 – грудные ножки; 4 – яйцевой мешок; 5 – сегменты брюшка; 6 – фурка; 7 – антенны; 8 – сложные глаза (по Manual..., 1996 [430])

На голове имеется один непарный глаз, два больших сложных глаза, сидящих на стебельках, антенны, антеннулы и ротовые части (мандибулы и максиллы). Ротовое отверстие прикрыто верхней губой (лабрум). Грудной отдел состоит из одиннадцати сегментов, каждый из которых несет пару листовидных ножек. Каждая ножка имеет несколько выростов - торакоподов (рис. 16): три перепончатых экзоподита (выполняют функцию жабр) и пять

эндоподитов и телоподитов (участвуют в плавательных движениях и отфильтровывании пищевых частиц).

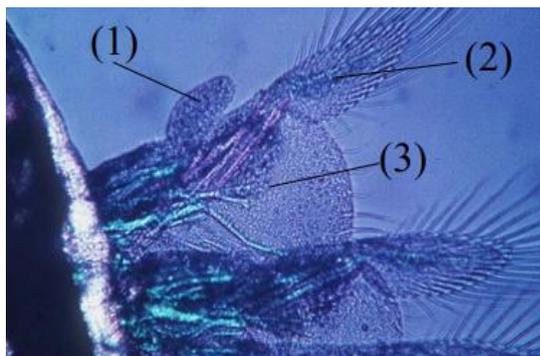


Рис. 16. Передние торакоподы взрослой артемии, где 1 – экзоподит; 2 – телоподит; 3 – эндоподит (по Manual..., 1996 [430])

Брюшко лишено конечностей и состоит из восьми сегментов. Первые два сегмента брюшка слиты в один половой сегмент, несущий у самок яйцевой мешок, а у самцов парный совокупительный орган. Брюшко заканчивается концевой пластинкой (фуркой), состоящей из 2 ветвей, оперенных щетинками. Самец имеет удлиненные антенны с закрученными крючковатыми ветвями (рис. 17). У самок, наоборот, наблюдаются короткие, листообразно расширенные антенны. Самка имеет матку или выводковую сумку за 11-й парой торакопод, самца легко узнать по парному семеннику в задней части туловищного отдела [114; 430].



Рис. 17. Половозрелые рачки самка (А) и самец (Б) [156]

На рис. 14 представлены стадии постэмбрионального развития артемии.

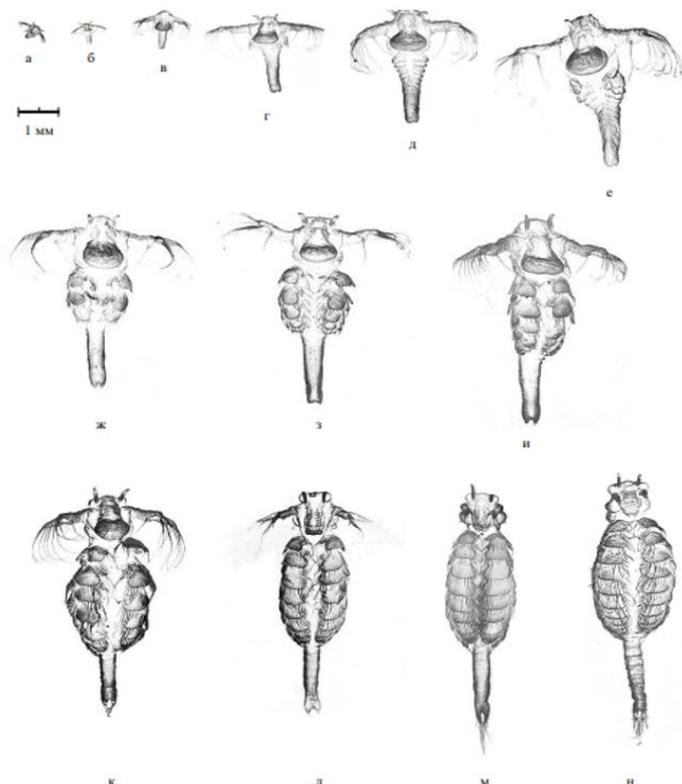


Рис. 14. Стадии развития артемии: а – науплиус; б,в,г,д – метанауплиусы I, II; III и IV стадий; е,ж,з,и,к,л,м – ювенильная стадия I, II, III, IV, V, VI, VII; н – предвзрослая стадия (по Инструкция..., 2000 [116], Фото по А. Schrehardt, 1987 [481])

При определении продуктивности популяций артемии в России, с целью унификации методов расчета в «Методических рекомендациях..., 2019» [180] было предложено выделять основные возрастные стадии артемии (рис. 18).

При этом каждая возрастная стадия рачков отличается следующими признаками:

- науплиусы (до 0,6 мм длиной) характеризуются наличием желточного мешка и отсутствием сегментации тела;
- метанауплиусы (0,6-3,0 мм длиной), характеризуются началом сегментации тела и резорбцией желточного мешка;
- ювенильные рачки (3,1-6,0 мм длиной) характеризуются удлинением брюшка и туловища, появлением грудных ножек, началом развития боковых сложных глаз;
- предвзрослые рачки (6,1-8,0 мм длиной) характеризуются наличием зачаточных генитальных структур, что позволяет различать будущих самцов от самок;
- взрослые рачки (8,1-12 мм длиной) имеют хорошо развитые вторичные признаки: яйцевой мешок (овисак) у самок, совокупительный орган и клещевидные органы захвата у зрелых самцов (развиваются из второй пары антенн).

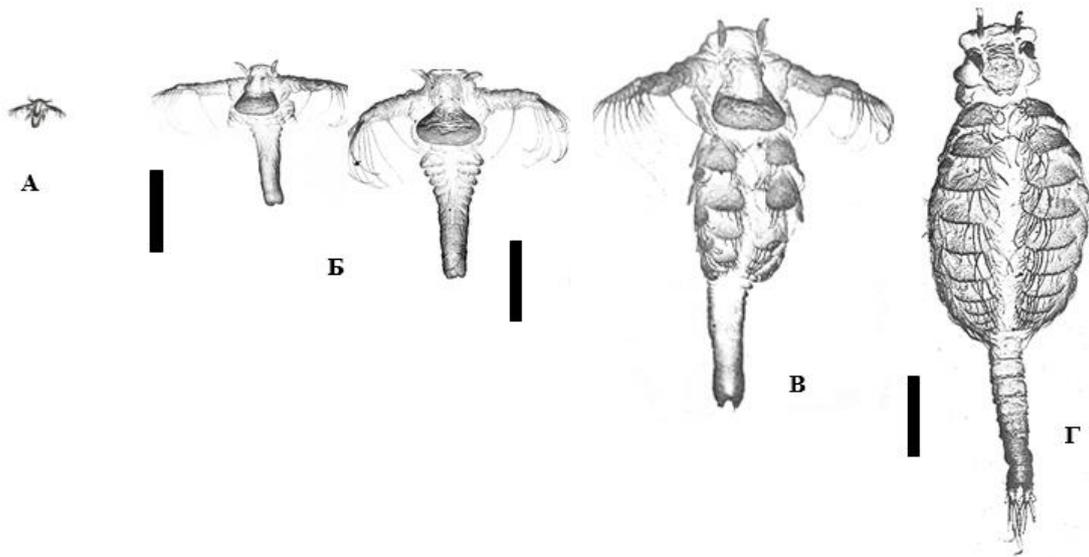


Рис. 18. Стадии развития артемии: А – науплиус; Б – метанауплиусы; В – ювенильная стадия, Г – предвзрослая стадия, Д – взрослая (половозрелая самка), Е – взрослая (половозрелый самец); Ж, З – спаривание: вид сбоку (Ж) и с ventральной стороны (З). Условные обозначения (на рис. Д): О – овисак (яйцевая сумка). Прямоугольниками указан масштаб: А, Б, В, Г, Д, Е – 1 мм; Ж, З – 2 мм (по Методическим рекомендациям..., 2019 [180])

Влияние солености воды на внешний вид рачков артемии известно давно. Уже в 1875 г. об этом писал В.И. Шманкевич, а в 1916 г. Н.С. Гаевская [73]. При разной солености воды рачки артемии образуют морфологические расы, отличающиеся друг от друга размерами тела, строением фурки, а также соотношением длины и ширины брюшка и другими параметрами [22; 153; 241; 430; и др.]. Обычно с увеличением солености увеличивается длина абдомена с

одновременным уменьшением его ширины. Также происходит уменьшение длины фурки и числа щетинок на ней, уменьшаются такие параметры, как расстояние между глазами, диаметр глаз, длина первой антенны и ширина головы [326; 327; 417 и др.]. На рис. 19 показано увеличение длины фурки и количества щетинок на ней с уменьшением солености воды

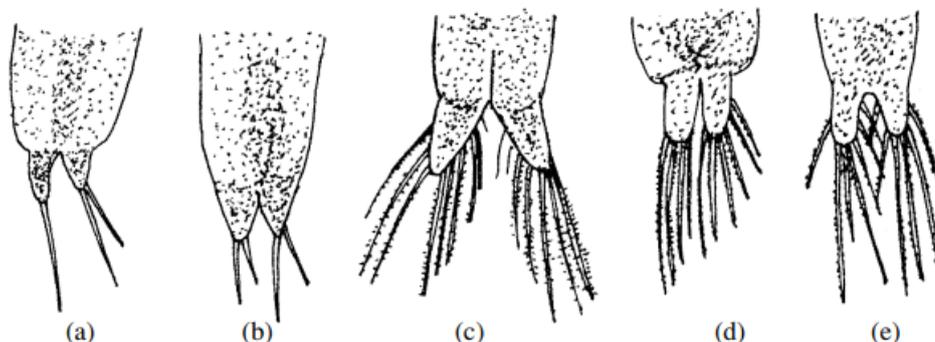


Рис. 19. Структура фурки артемии из природных водоемов с различной соленостью: (а) - Б.Медвежье, 198 г/л, (b) – Вишняковское, 153 г/л, (с) – Невидим, 113 г/л, (d)- Ново-Георгиевское, 89 г/л, (е) – Сиверга, 65 г/л (по Litvinenko, Voyko, 2008 [417]).

Окраска взрослых рачков может меняться от зеленовато-бурой до красной, в зависимости от растворенного в воде кислорода и потребляемой пищи. При дефиците кислорода в крови артемии производится усиленный синтез гемоглобина, что приводит к окрашиванию тела рачка в красный цвет [370].

### 3.4.2 Размножение

Для артемии свойственно наличие как бисексуальных популяций, в которых размножение осуществляется самками и самцами, так и партеногенетических, состоящих из самок, в которых размножение происходит без участия самцов.

Проведенный нами анализ имеющихся литературных данных по типу размножения артемии в природных водоемах [153; 257; 340; 485; 486; 510; 511; 531] показал (табл. 1), что в водоемах Нового Света наблюдается только бисексуальный тип размножения. В Австралии, Новой Зеландии и Африке бисексуальный тип размножения превалирует над партеногенетическим. В Европе, Китае, вероятно, в Крыму он не превышает 40%, в остальных азиатских странах – 20%. В России, по нашим данным, бисексуальный тип размножения составляет 5%, поскольку в Западной и Восточной Сибири бисексуальные популяции отмечаются в 5-6 озерах, расположенных на восточной границе ареала (Алтайский край, Хакассия, Тыва).

Таблица 1. Количество исследованных водоемов с артемией за 30-летний период

Месторасположение озер	[510]		[430; 503]		[511]		[419]	
	n	В%	n	В%	n	В%	n	В%
Африка	40	88	47	50	54	57	54	-
Австралия и Новая Зеландия	9	100	10	67	11	50	11	-
Северная Америка	82	100	89	100	90	100	90	100
Центральная Америка	38	100	57	100	60	100	60	100
Южная Америка	35	100	47	100	74	100	104	100
Азия (Китай)	4	0	71	39	91	38	274	<40
Азия *	36	13	46	7,7	63	13	63	20
Европа	69	25	105	30	114	38	114	<40
Россия	8	0	15	20	20	0	107	5
Крым	9	0	10	40	9	60	37	<40
СНГ (Казахстан, Узбекистан, Туркменистан, Украина)	8	0	6	0	15	20	118	<10
Всего	338		503		601		1032	

Примечание: n – число водоемов; В% - процент бисексуальных от определенных на половой состав популяций;

\* - Индия, Ирак, Иран, Япония, Кувейт, Корея, Монголия, Пакистан, Шри Ланка, Тайвань, Турция

В бисексуальных популяциях самки и самцы образуют сцепки. Самцы антеннами хватают самку между яйцевым мешком и последней парой торакопод (рис. 20). Соединившись, они могут так плавать длительное время, синхронно двигая листовидными ножками. Абдомен самца сгибается вперед, один совокупительный орган вводится в отверстие яйцевого мешка и оплодотворяет яйца [429]. В сцепках может участвовать от одного до нескольких самцов.

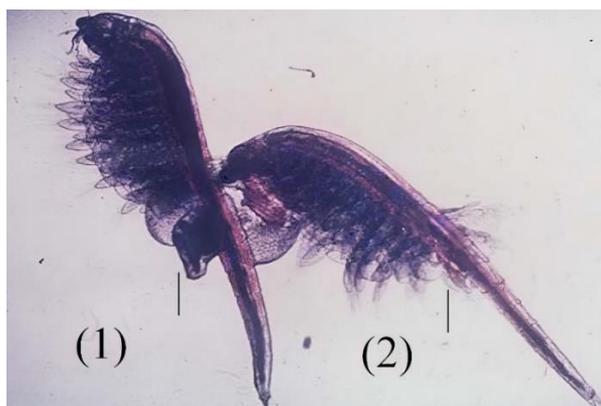


Рис. 20. Самка и самец артемии, где 1 – матка или выводковая сумка; 2 – парный семенник (по Manual..., 1996 [430])

У партеногенетических артемий оплодотворения не происходит, а развитие эмбриона начинается сразу, как только яйца достигают яйцевого мешка. Яйца развиваются в двух

трубчатых яичниках на брюшке, далее они становятся шаровидными и смещаются по двум яйцеводам в непарную матку (рис. 21).



Рис. 21. Самка с формирующимися яйцами в яичниках и яйцеводах и созревшими - в яйцевом мешке (по Manual..., 1996 [430])

Оплодотворенные яйца у бисексуальных популяций и неоплодотворенные - у партеногенетических развиваются в свободно плавающие науплиусы, рождаемые самкой (рис. 22).

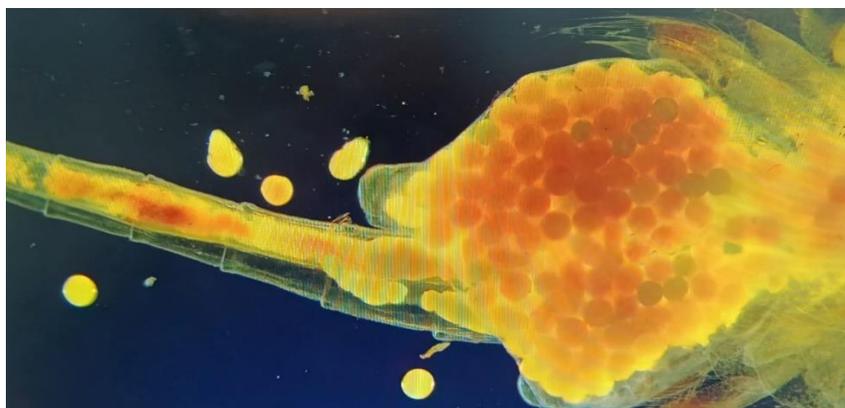


Рис. 22. Матка живородящей артемии, заполненная науплиусами (по Manual..., 1996 [430])

В экстремальных условиях (при низком уровне кислорода или высокой солености) эмбрион развивается лишь до стадии гаструлы. На этом этапе эмбрион покрывается толстой оболочкой (выделяемой коричневыми железами, которые расположены в матке), входит в состояние диапаузы и освобождается самкой в виде цист (рис. 23).

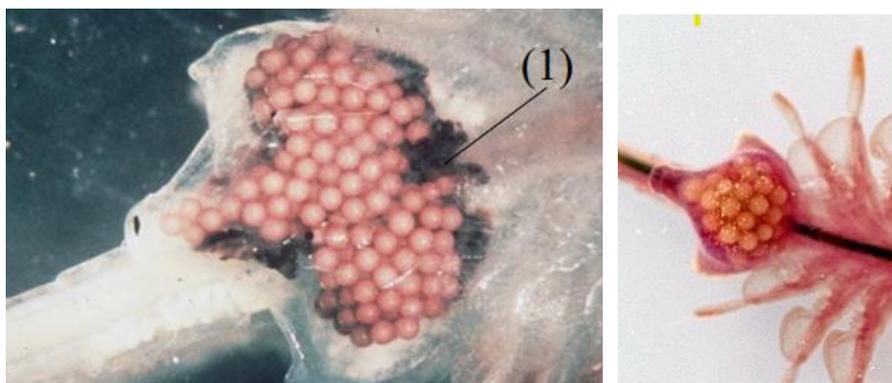


Рис. 23. Овисак яйцекладущей артемии, заполненный цистами, где 1 – коричневые железы (по Manual..., 1996 [430])

Таким образом, рачки артемии размножаются двумя способами – живорождением, а также откладыванием яиц двух типов – с тонкой и толстой оболочками. Последние получили название диапаузирующие яйца или цисты. Из яиц вылупление науплиусов происходит либо непосредственно после их вымета, либо через 2-5 суток [522].

Живорождение присуще как для партеногенетических, так и для бисексуальных рас. При смене условий на неблагоприятные, самки, как правило, прерывают живорождение и начинают откладывать цисты. К неблагоприятным условиям относятся такие факторы, как: повышение солености воды более 200 г/л, понижении концентрации кислорода ниже 1-2 мг/л, снижение температуры до 5<sup>0</sup>С и ниже, ухудшение кормовой базы рачков (фитопланктона). Смена яйце- и цистоношения на живорождение и обратно может происходить в течение всей жизни самки [114; 152; 263; 429].

В естественной среде в определенное время года артемия образует цисты, часть которых опускается на дно, часть - плавает на поверхности воды. Под действием волн и ветра планктонные цисты сгоняются к берегу и при образовании плотных скоплений, являются источником промысла.

### 3.4.3 Питание, эффективность использования пищи на рост

Артемия относится к фильтраторам микроскопических водорослей, бактерий и детрита. Плотность артемии в водоеме зависит не только от абиотических факторов, но и от количества пищи. Как в естественной, так и в искусственной средах обитания, артемии могут достигать плотности до 500 экз./л и биомассы до 200 мг/л и более [153; 429]. Высокая численность науплиусов (до 2196 и даже 5164 экз./л), наблюдаемая в весеннее время в сибирских популяциях, приводила быстрому подрыву кормовой базы и последующей гибели от голодной смерти рачков [153; 421]. При высокой численности науплиусов 1-ой генерации

до половозрелости доживает, как правило, не более 20 особей/л, что, по литературным данным [429; 533] вполне достаточно для воспроизводства популяции.

Для ареалов обитания артемии характерны низкое видовое разнообразие и простая трофическая структура. Отсутствие хищников и пищевых конкурентов в связи с высокой соленостью позволяет развиваться артемии в монокультуре [153; 430].

Суточный рацион рачка составляет примерно 20 % от массы особи при температуре 28°C. Стоит отметить, что даже незначительное голодание губительно влияет на артемию [153; 429].

В питании артемии выделяют некоторые особенности. Науплиусы отфильтровывают пищу щетинками антенн. Взрослые особи используют другой тип фильтрации – с помощью ритмичных взмахов грудными ножками создается ток воды. Взмах каждой следующей пары ножек начинается тогда, когда предыдущая пара закончила  $\frac{1}{6}$  часть своего движения. В результате формируются 2 потока, первый – поверхностный, а второй – у основания ножек вдоль вентрального желобка грудного отдела. Задержанные частицы смываются потоком у основания ножек и переносятся к ротовому отверстию [114]. При таком неизбирательном типе питания отфильтровываются все частицы, находящиеся в воде, как съедобные, так и несъедобные размером меньше 50 мк [429]. При этом, независимо от размеров пищевых частиц, объем поглощенной пищи остается примерно одинаковым [114; 468]. Количество потребленной пищи зависит от размера рачков: крупные особи потребляют больше пищи, но в пересчете на единицу массы тела их рацион снижается.

Известно, что величина рациона связана с массой тела животного и может быть выражена следующим уравнением:  $C = a W^b$ , где  $C$  – величина рациона,  $W$  – масса тела животного,  $a$  и  $b$  – коэффициенты. Для артемии эта формула, согласно литературным данным [254] выглядит так:  $C = 0,063 W^{0,705}$ , где  $C$  – рацион особи в граммах сырой массы при  $t=20^{\circ}\text{C}$  за сутки,  $W$  – масса рачков в граммах по сырому весу.

При высокой концентрации корма в среде возрастает величина рациона, при этом степень ассимиляции пищи снижается. При содержании в  $1\text{ мм}^3$  среды 200 дрожжевых клеток, артемия усваивала 78% от потребленной пищи; при  $500\text{ кл./мм}^3$  – 51%, при  $1000\text{ кл./мм}^3$  – 33% [252]. При недостатке корма у артемии уменьшались скорость роста и развития, сокращалось количество продуцируемых яиц, снижалась продолжительность жизни.

В лабораторных экспериментах показано, что в период активного роста рачков артемии, приходящийся на 10-25 сутки жизни, энергетический коэффициент роста первого порядка ( $K_1$ ) достигает максимальных значений. Причем этот коэффициент находится в прямой зависимости от температуры в диапазоне от  $5^{\circ}\text{C}$  до  $30^{\circ}\text{C}$ . Между соленостью и

значением  $K_1$  отмечена параболическая связь с максимальными значениями  $K_1$  при солености 40 ‰ [114; 469].

В условиях природных гипергалинных водоемов Западной Сибири [153] калорийность пищи (по соотношению детрита и фитопланктона в питании) составляет приблизительно 0,6 кал/мг сырой массы (учитывая, что калорийность фитопланктона составляет 0,8 кал/мг, детрита – 0,5 кал/мг сырой массы). Расчет средних за сезон рационов рачков всех возрастных стадий в двух модельных озерах за 3 года исследований показал, что суточный рацион находится в пределах от 2,0 до 11,2 кал/(л·сут), а среднесуточная продукция артемии в этих же озерах – в пределах от 0,55 до 2,79 кал/(л·сут). При этом значения коэффициента роста первого порядка ( $K_1$ ) [113] или валовая эффективность роста, определенные как отношение продукции к рациону ( $P/C$ ), были в пределах 0,19–0,45 (в среднем —  $0,29 \pm 0,04$ ,  $Cv=34\%$ ). Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что почти 30 % потребленной артемией пищи идет на рост. Экологическая эффективность естественных популяций артемий оказалась выше значений  $K_1$  (0,18), полученных в условиях культуры Н.Н. Хмелевой и близка к максимальным значениям, отмеченным для беспозвоночных в диапазоне 0,30–0,40 [135]. Возможно, относительно высокие значения  $K_1$  в природе объясняются более низкой обеспеченностью пищей, при которой наблюдается лучшая усвояемость корма. Известно, что при более высокой концентрации пищи в среде суточный рацион артемий может увеличиваться до 160 % от массы тела [253], при этом значительно снижается степень ассимиляции пищи. Определенная для артемии Западной Сибири степень усвояемости пищи, равная в среднем  $0,55 \pm 0,04$  [153], соответствует этим показателям для различных фильтраторов [142; 262]. Подобная усвояемость отмечена для артемий при питании водорослями рода *Dunaliella* и дрожжевыми клетками [253].

Важным показателем продуктивности биоценозов, помимо  $K_1$ , служит коэффициент использования ассимилированной энергии на рост:  $K_2=P/(P+R)$ . В исследованных модельных озерах [153] за три сезона  $K_2$  был в пределах 0,43–0,63 (в среднем  $0,51 \pm 0,03$ ,  $Cv=15\%$ ).

#### 3.4.4 Дыхание

Органом дыхания артемии являются жабры, расположенные на экзоподитах грудных ножек, поэтому движение этих ракообразных и дыхание взаимосвязано. Известно, что скорость газообмена у животных находится в параболической зависимости от массы тела:  $R=a \cdot W^b$ . Для артемий это уравнение выражается следующим образом [260]:

$$\text{по сухой массе: } R=0,344 \cdot W^{0,688},$$

по сырой массе:  $R=0,087 \cdot W^{0,688}$ ,

где  $R$ - интенсивность дыхания при  $t=20^{\circ}\text{C}$ , в мл  $\text{O}_2/\text{час}/\text{особь}$ ,  $W$  – сухая или сырая масса особи в граммах.

В экспериментах [360] было установлено, что величина  $b$  в этих уравнениях изменяется в зависимости от размерно-возрастной группы артемии. Так, у науплий и метанауплий  $b=0,75$ , у ювенальных – 1,0, у взрослых – 0,6.

Опыты с эмбрионами (яйцами, цистами) артемии показали, что они интенсивно дышат в период своего развития. Причем максимальные значения скорости дыхания приходится на первые 4 часа развития, на 8-12 ч и на 15-16 ч [361]. Развивающиеся эмбрионы в среднем поглощают  $230 \text{ мм}^3\text{O}_2$  на 100 мг сухой массы яиц в час. При вылуплении науплиусов интенсивность дыхания возрастает до  $1000 \text{ мм}^3\text{O}_2/100 \text{ мг}$  сухой массы в час. Этот эксперимент доказывает необходимость использования дополнительной аэрации при инкубации цист.

Гипергалинные водоемы часто характеризуются низким содержанием кислорода. В процессе эволюции артемия адаптировалась к этим условиям. Синтезируемый рачками артемии гемоглобин обеспечивает интенсивное поглощение кислорода из воды даже при низких его значениях. С ростом температуры увеличение интенсивности потребления кислорода более существенно у младших возрастных стадий рачков, по сравнению со взрослыми рачками [360].

### 3.4.5 Количественные параметры роста и воспроизводства артемии

Для артемии характерна значительная изменчивость таких параметров жизненного цикла (ЖЦ) как: длительность всего жизненного цикла ( $D$ ), длительность отдельных стадий развития, размеры половозрелых особей при вымете первой кладки ( $L_1$ ) и в конце жизненного цикла ( $L_m$ ), типы и количество кладок ( $\Sigma N$ ), общее число потомков ( $\Sigma E$ ), выживаемость и другие параметры. Относительно высокая стабильность размерных параметров обусловлена, вероятно, тем, что данные признаки в наибольшей степени, по сравнению с другими параметрами ЖЦ, имеют видоспецифический характер и находятся под жестким генотипическим контролем.

Как для двуполой, так и партеногенетической артемии в лабораторном эксперименте [80] была отмечена более высокая вариабельность длительности ювенильного периода ( $D_j$ ), а также продолжительности жизни ( $D$ ) и отдельных параметров воспроизводства: число цист или науплиусов в первой кладке ( $E_1$ ), общее число кладок с науплиусами и цистами ( $\Sigma N_n$ ,

$\Sigma N_c$ ), общее число науплиусов и цист за жизненный цикл ( $\Sigma E_n, \Sigma E_n$ ), а также  $g_n (\Sigma E_n/E)$  и  $g_c (\Sigma E_c/E)$  – доля науплиусов и цист в общей плодовитости за ЖЦ. Оказалось, что наиболее изменчивыми являются кумулятивные параметры воспроизводства ( $\Sigma N, \Sigma E, \Sigma N_o, \Sigma E_o, \Sigma N_n, \Sigma E_n$ ), для которых CV достигал 70 - 160 %. Вероятно, по предположению А.П. Голубева [80], это обусловлено тем, что отбор специально направлен на поддержание их повышенной изменчивости. Так, высокий уровень вариабельности по длительности ювенильного периода ( $D_j$ ) обеспечивает одновременное включение одновозрастных особей в процессы воспроизводства. Это снижает вероятность гибели молоди, отрожденной самками из отдельных семей, вследствие кратковременных неблагоприятных изменений условий среды в мелководных нестабильных гипергалинных водоемах (например, при распреснении воды после обильных дождей).

Полученные в ходе эксперимента А.П. Голубевым [80] результаты показали, что из всех исследованных параметров ЖЦ наивысшей наследуемостью при обоих способах размножения отличается скорость полового созревания самок. Поэтому, при проведении селекции искусственный отбор на сокращение ювенильного периода самок (т. е. ускорение их полового созревания) может быть очень эффективным, а самки-лидеры являются наилучшим исходным материалом на выведение штаммов с ускоренным половым созреванием и повышенной продукцией цист.

Врожденная скорость роста численности ( $r_{max}$ ) артемии, рассчитанная по средним значениям параметров ЖЦ [80] и скорректированная с учетом доли размножающихся самок в общей численности популяции, при партеногенезе и двуполом размножении практически оказалась одинаковой: соответственно,  $0,0530 \text{ сут.}^{-1}$  и  $0,0538 \text{ сут.}^{-1}$ , что свидетельствует о равной степени возможности обеспечить существование партеногенетических и бисексуальных популяций. Однако важнейшей функцией двуполого размножения является обеспечение текущего функционирования популяций путем преимущественного воспроизводства науплиусов, а партеногенетической – продуцирования цист, закладывающих основу их будущего существования.

В природных условиях рост и развитие артемии зависит от факторов среды, которые часто сильно отклоняются от оптимальных. Анализ многолетних мониторинговых данных по выживаемости артемии в мелководных гипергалинных водоемах юга Западной Сибири в период 1-ой генерации показал вогнутый тип кривой (рис. 24).

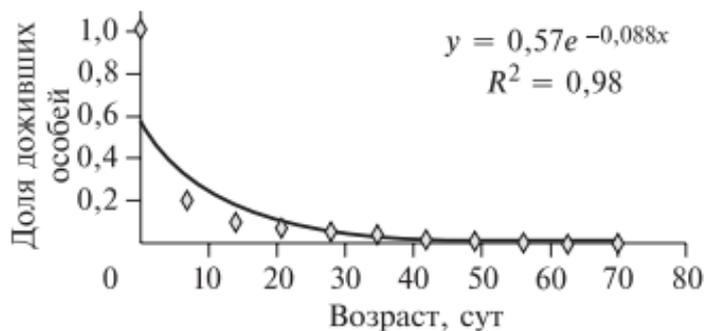


Рис. 24. Кривая выживаемости популяции артемии в мелководных озерах в период 1-ой генерации [по 153]

В мае, как правило, при высокой плотности вылупившихся из перезимовавших цист науплиусов в водоеме, отмечается их массовая гибель и относительно низкая смертность оставшихся в живых особей. Такой тип кривой выживания широко распространен в природе и, согласно исследованиям А.М. Гилярова [77], характерен для планктонных организмов с высокой плодовитостью и отсутствием заботы о потомстве. При этом чистая скорость воспроизводства при использовании только показателей живорожденных потомков (науплиусов, яиц), была меньше 1 ( $R_0 = 0,64$ ), что свидетельствует о снижении численности популяции за одно поколение. Чистая скорость воспроизводства с учетом откладываемых цист ( $R_0 = 1,91$ ) свидетельствует об увеличении численности популяции. При этом средняя длительность поколения была равна 46,2 сут. [153]. Близкие значения времени генерации (43,12 сут.) были получены для алтайских популяций артемий [241].

Специфическая скорость роста численности популяции артемий в условиях юга Западной Сибири составила  $0,02$  в сут.<sup>-1</sup> [153]. Эти значения оказались в 2 раза ниже, чем у артемий, выращенных в экспериментальных условиях [80].

При культивировании в оптимальных условиях (соленость 30-50‰) созревание происходит за 8–16 сут [429]. Впервые созревшие самки *A. franciscana* имеют длину около 6 мм [365; 522], *A. sinica* и монгольская популяция оз. Баян-Тухум – около 7,5 мм [153]. Некоторые старые особи могут достигать 15–18 мм длины и 6–8 мг массы. Самки некоторых партеногенетических популяций достигали 19–20 мм длины [412; 429], что, вероятно, объясняется явлением полиплоидии.

При культивировании артемии сибирских популяций при солености 50‰ наибольшая длина тела отмечена для рачков из слабосоленого озера Сиверга (2012 г.) — 11,6 мм [218], наименьшая из озера Актобан (2004 г.) — 7,44 мм [153].

В экспериментах по культивированию артемии из цист трех партеногенетических и одной бисексуальной популяций Египта при солености 35, 80, 120, 150 и 200 г/л [359] была

установлена популяция артемии с наименьшими показателями длины рачков. Если партеногенетические популяции северной части Египта выживали при всех соленостях, то для бисексуальной популяции (Wadi El-Natron), обитающей в природе в щелочном гиперсоленом содовом рассоле, выживаемость в культуре была ограничена только низкими соленостями (35-120 г/л). Эта популяция отличалась пониженной скоростью роста при солености 120 г/л и высокой скоростью роста при солености 35 и 80 г/л. Средняя длина половозрелых рачков популяции (Wadi El-Natron) при солености 35 г/л составила 5,01 мм, при солености 80 г/л – 5,41 мм. При солености 120 г/л – 5,06 мм. Партеногенетические популяции в этих экспериментах имели максимальные значения длины при солености 35 г/л (9,34-9,76 мм), несколько меньше - при солености 80 г/л (8,52-9,15 мм), 120 г/л (8,26-8,82 мм) и 150 г/л (8,15-8,87 мм) и минимальные – при солености 200 г/л (7,19-7,72 мм).

В природных водоемах внешний облик рачков сильно зависит как от абиотических факторов (в первую очередь – от солености воды и солевого состава), так и биотических. Так, в сибирских озерах наименьшая длина половозрелых рачков ( $6,36 \pm 0,14$  мм) отмечена в озере Таузаткуль с наибольшей соленостью - 381 г/л [326] и озере Мормышанское-2 ( $6,74 \pm 0,14$  мм) [241] при солености 250‰. Наиболее крупные половозрелые рачки ( $10,12 \pm 0,11$  мм) отмечены в озере Большой Кулат при солености 142 г/л [326] и рачки длиной  $10,74 \pm 0,37$  мм в озере Медвежье при солености 120 г/л в 1995 г. [196].

Предельные значения длины половозрелых самок российских популяций для отдельных особей составляют 6,3 – 12,3 мм [153]. В литературе имеются данные о максимальной длине рачков 15,5 мм в оз. Б. Яровое в 2001 г. [284] и даже 17,0 мм в оз. Б.Яшалтинское [195].

Влияние генопита также сильно отражается на размерах рачков. Партеногенетические популяции, как правило, имеют большие размеры, чем бисексуальные. Наиболее мелкие рачки отмечены в сульфатном водоеме Мексики Coahuila [334] (самки -  $6,94 \pm 1,19$  мм, самцы –  $6,35 \pm 0,47$  мм). Рачки *A. franciscana*, обитающие в разных частях Земного шара несколько отличаются по размерам (залив Сан-Франциско: самки -  $10,25 \pm 0,89$  мм, самцы –  $7,08 \pm 0,37$  мм).

В алтайской бисексуальной популяции озера Танатар при соотношении самок и самцов 1:1 длина тела самок была равна 8,0 мм, самцов – 6,0 мм, в то время как в партеногенетических популяциях озер Б.Яровое, М. Яровое, Кулундинское, Куричье, Мормышанское размеры самок были в пределах 8,7-10,7 мм [245].

В Крымских озерах средние размеры рачков уменьшались при увеличении солености в озерах Монокское (130‰), Северо-Западное (180 ‰) и Южное (200 ‰) были равны 12,3, 8,37, и 7,3 мм соответственно [68].

Помимо перечисленных факторов на изменение длины рачков влияют и сезонные факторы, а также год исследования. Так, в озере Б.Яровое рачки весенне-летней генерации имели средние значения длина  $11,21 \pm 0,17$  мм, летне-осенней –  $9,21 \pm 0,19$  мм [241];

В озере Эбейты средняя по году длина артемии в 2002–2015 гг. изменялась в пределах  $8,27 - 10,35$  мм, причем минимальные значения были отмечены в наиболее засушливых годах с высокой соленостью (250-260 г/л) [28]. В течение одного года длина рачков разных генераций также различается. Так, в озере Б.Медвежье длина рачков 1-ой генерации (июнь) при солености воды 179 г/л составила  $9,61 \pm 0,14$  мм, 2-ой генерации (июль) при солености воды 189 г/л –  $10,01 \pm 0,17$  мм, 3-ей генерации при солености воды 201 г/л -  $8,32 \pm 0,13$  мм, при среднесезонных значениях  $9,48 \pm 0,15$  мм [280].

О влиянии солености на репродуктивные характеристики и жизненный цикл *Artemia urmiana* показано в работе Т. Абатзополос с соавторами [288].

В естественных водоемах средние значения количества кладок и числа потомков на одну кладку сильно варьируют:

- в сибирских популяциях мелководных водоемов - в пределах 2-10 кладок ( $4,54 \pm 0,37$ ) и 15–35 экз. на одну кладку ( $22,6 \pm 3,0$ ), в целом одна самка производит около 100 экз./особь [153];

- в более глубоководных алтайских озерах Западной Сибири -  $52,2 \pm 5,5$  экз./кладка [55, 56], в маловодный период в оз. Кулундинское  $36,6 \pm 1,5$ , в многоводный –  $22,6 \pm 0,9$  экз./кладка при одинаковом количестве кладок равном 3 (в целом - 70-110 экз./особь), в озере Большое Яровое: в маловодный период -  $46,6 \pm 1,3$  (кладок – 4,3), в многоводный –  $33,0 \pm 1,8$  при количестве кладок равном 2,8 (в целом 90-130 экз./особь) [52];

- в отдельные годы в относительно глубоководном озере Большое Яровое количество науплиусов в яйцевой сумке самки достигает 100-211 экз./особь, цист в среднем 150 экз./особь [263];

- в мелководных озерах Республики Калмыкия РФ в оз. Б.Яшалтинское плодовитость самок в пределах 46,0-91,5, в оз. Джама – 9,0-45,2 экз./особь [17, 110, 111, 112];

- у партеногенетических рас из Турции и Индии среднее количество эмбрионов— 50–110 экз./кладка [Browne et al., 1984] и из Вьетнама - 50 экз./кладка [533];

- в умеренных широтах Европы и Северной Америки при прерывистой на зимовку вегетации рачков плодовитость рачков относительно высокая: от 30 до 130 цист (редко науплиусов)/кладка в оз. Моно, Калифорния, США [410], 66 яиц/кладка— в соленом озере Болгарии [428], в Большом Соленом озере (Great Salt Lake) — 30–50 при живорождении и менее 20 — при цистоношении на кладку [413];

- в тропических и субтропических условиях при круглогодичной вегетации артемии плодовитость рачков небольшая: в кладке 1–4 науплиуса в оз. Lausan Lagoon на Гавайях [413]; 5–6 — в оз. Boca Chica, Венесуэла [480].

Таким образом, средние размеры кладки для разных популяций артемии мира лежат в пределах от 10 до 150 яиц/цист/науплиусов при общем количестве потомков - 100-1000 экз./особь.

При культивировании в оптимальных условиях в среднем одна особь может откладывать до 100–300 яиц (или науплиусов) с интервалом от 4 до 11 дней [429].

В **Приложении 4** приведены репродуктивные характеристики популяций артемии разных видов, выращенных при разной солености. Анализ данных таблицы свидетельствует о том, что при увеличении солености от 100 до 180‰ количество потомков на самку снижается, но возрастает процент цистообразования, увеличивается продолжительность репродуктивного периода и продолжительности жизни. Количество потомков на самку в представленных данных находится в пределах 94-1057, то есть различается в 10 раз. Сравнение числа потомков при солености 90-100‰ показывает, что наиболее продуктивны артемия из GSL и полиплоидная партеногенетическая популяция Турции соответственно 1057 и 1160 потомков/самку.

### **3.5. Морфология и метаболизм цист артемии**

Размножение артемии происходит посредством науплиусов (живорождение), яиц и цист. Науплиусы и яйца участвуют в пополнении популяции артемии текущего года, в отличие от них цисты участвуют в пополнении популяции на следующий год, причем некоторые цисты с длительной диапаузой могут участвовать в пополнении популяции через 2-3 года.

Важное практическое значение цист, как источника живого корма для объектов аквакультуры, требует подробного описания их строения и метаболизма.

#### **3.5.1 Строение цист**

Цисты или диапаузирующие яйца – это покрытые толстой оболочкой эмбрионы артемии (рис. 25), находящиеся в стадии гастролы, обладающие высокой резистентностью к условиям окружающей среды и длительной диапаузой – от 3 до 12 месяцев и более. В отличие от них, яйца – это покрытые тонкой оболочкой эмбрионы артемии, характеризующиеся

непродолжительной диапаузой (5-30 дней). Оболочка цист артемии (рис. 26) состоит из альвеолярного слоя (хориона), внешней кутикулярной мембраны и эмбриональной кутикулы [338; 430; 441].

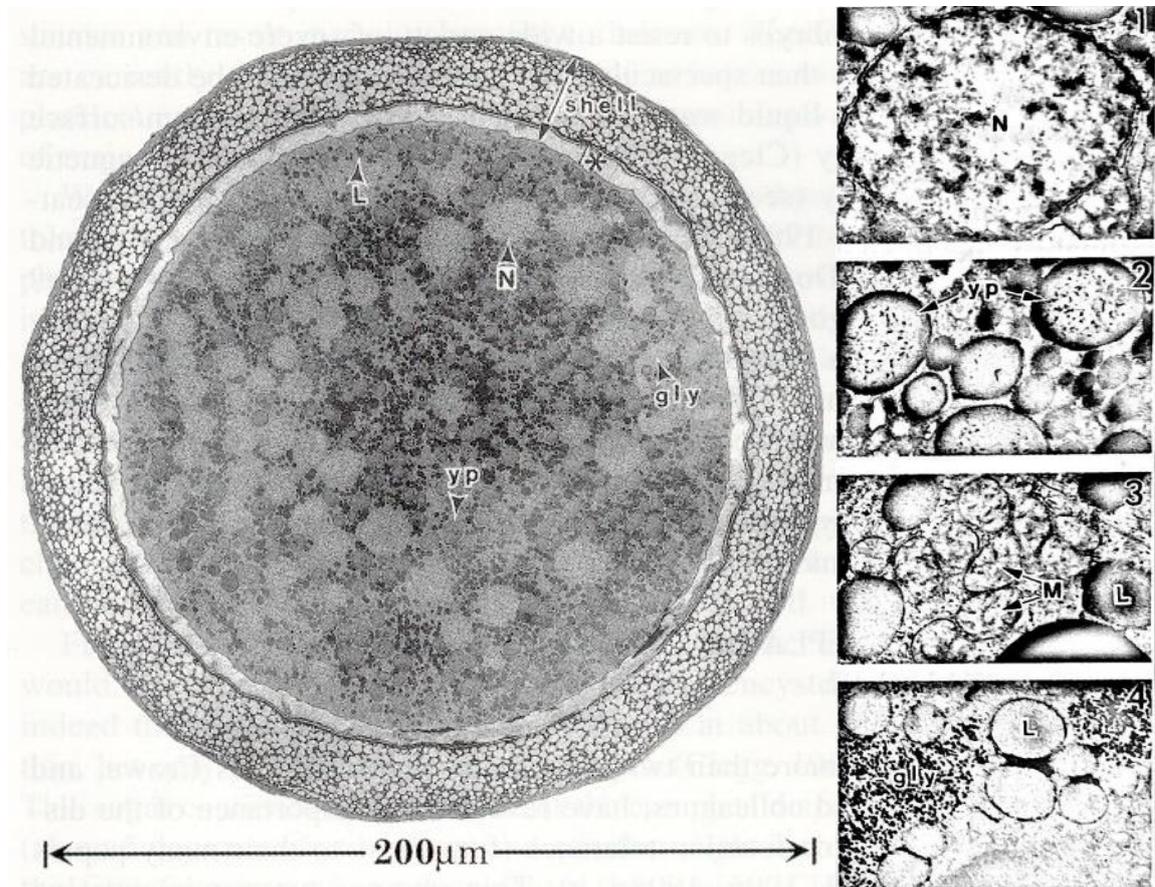


Рис. 25. Ультраструктура активированной цисты *Artemia franciscana* с гастролой в постдиапаузе. На изображениях справа показаны основные органеллы при большом увеличении: L – капли жира, N – ядра, ур – желточные тромбоциты, gly – гликоген, m – митохондрия, \* - внутренняя кутикула эмбриона (по Clegg, Trotman, 2002 [338])

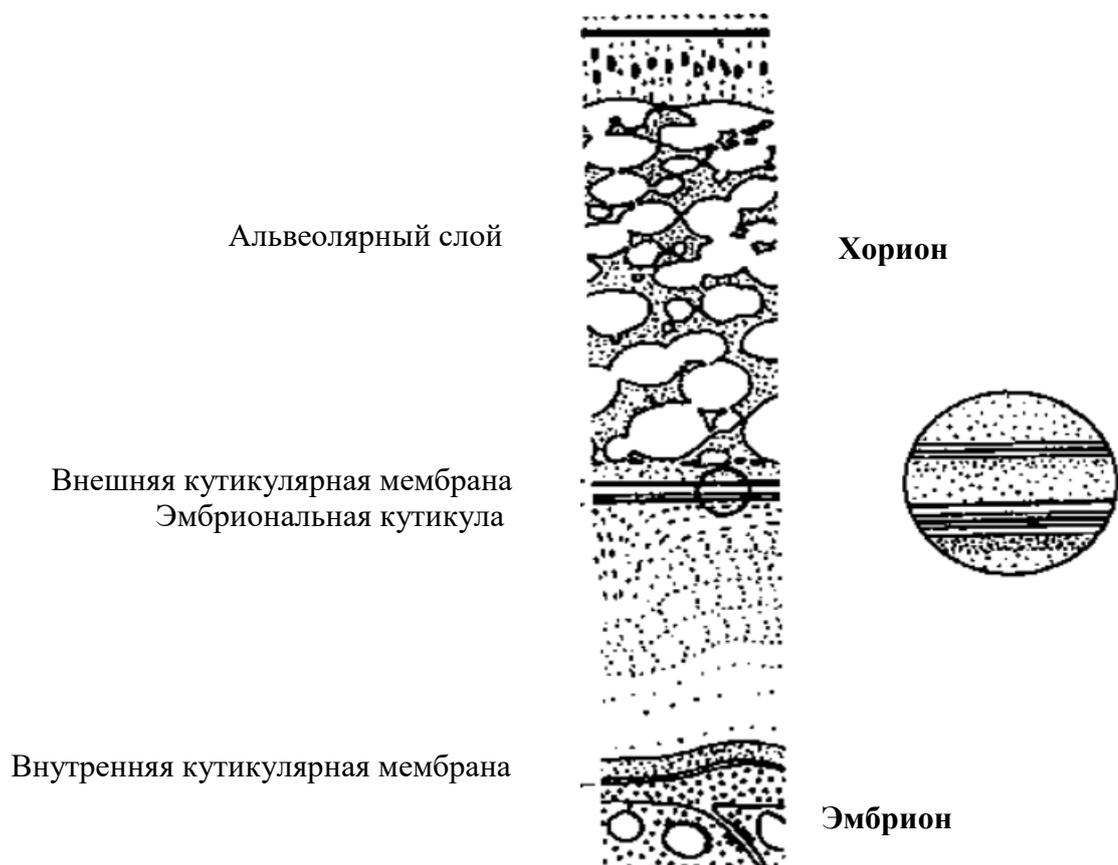


Рис. 26. Ультраструктура оболочки цисты в поперечном разрезе (по Morris and Afzelius, 1967 [441])

*Хорион* — это твердый слой, состоящий из липопротеинов, пропитанных хитином и продуктом распада гемоглобина - гематином. Последнее вещество определяет цвет оболочки. Важной функцией хориона является защита эмбриона от механического повреждения и радиации (например, ультрафиолетовых лучей). Этот слой может быть полностью удален после обработки гипохлоритом (декапсуляция яиц).

*Внешняя кутикулярная мембрана* — это многослойная часть оболочки с особыми фильтрующими функциями: действует как полупроницаемый барьер и защищает эмбрион от проникновения более крупных по размеру молекул, чем молекула  $\text{CO}_2$ .

*Эмбриональная кутикула* развивается во время инкубации и представляет собой прозрачный высокоэластичный слой, отделяющий эмбрион от внешней кутикулярной мембраны.

*Эмбрион* диапаузирующего яйца находится в стадии недифференцированной гастролы и полностью неметаболичесен при влажности ниже 10 %. При влажности выше 10% и наличии

кислорода (например, присутствующего в воздухе) к эмбриону возвращается жизнеспособность.

### 3.5.2 Гидратация и дегидратация цист

Цисты могут находиться в водоеме как в гидратированном, так и в состоянии с различной степенью дегидратации (рис. 27).

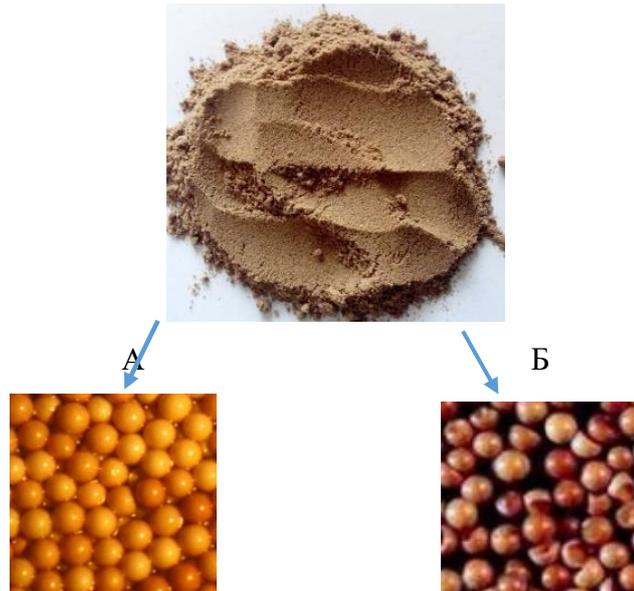


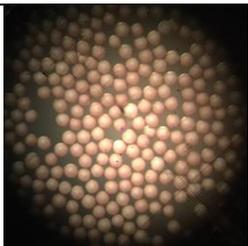
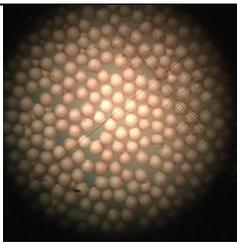
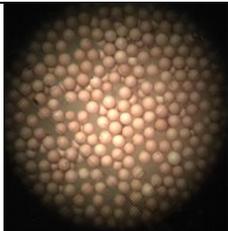
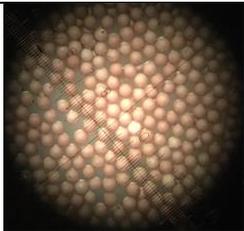
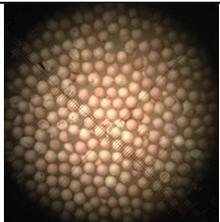
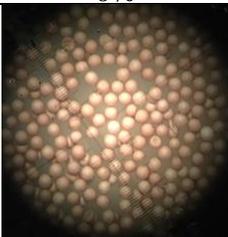
Рис. 27. Цисты артемии: А – гидратированные; Б – дегидратированные в рапе (сырец)

При максимально возможной дегидратации в насыщенной рапе влажность цист составляет 20%. Для получения цист с меньшей влажностью проводят воздушную сушку цист, после которой влажность цист составляет менее 10% (рис. 28).



Рис. 28. Сухие (дегидратированные) цисты

На гидратацию цист в основном влияет соленость. Поскольку соленость воды в мелководных водоемах колеблется значительно, причем не только в сезонном и годовом аспектах, но и по глубине, это, несомненно, отражается на цистах. Эксперимент, проведенный с полностью гидратированными цистами [425], помещенными в рапу с разной соленостью, показал, что уже через 72 ч при солености более 225 ‰ все цисты были дегидратированы, а при солености 125 и 101 ‰ – 92 и 75 % цист соответственно. На рис. 29 показана динамика изменения гидратированности цист при солености 101‰, 125 ‰, 225 ‰ и 333 ‰. После 12 ч нахождения в рапе озер при максимальной солености около 40% цист было дегидратировано, при меньших соленостях - дегидратации подверглись только 6-9% цист. Через сутки при максимальной солености дегидратировано было 72% цист, при солености 225‰ - 44% цист, при меньших соленостях – 10-14% цист. Через двое суток почти все цисты дегидратированы при высокой солености, 72% - при солености 125‰ и только 41% - при солености 101‰.

	101 ‰	125 ‰	225 ‰	333 ‰
0 ч	 0%	 0%	 0%	 0%
6 ч	 0%	 0%	 0%	 9%
12 ч	 8%	 6%	 9%	 37%

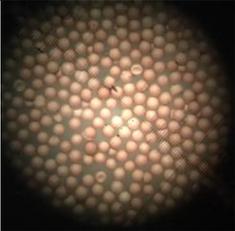
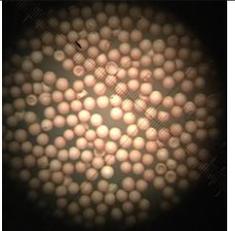
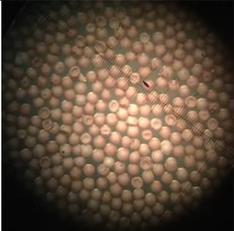
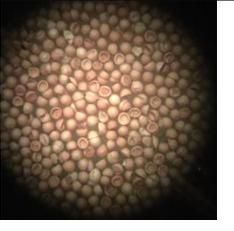
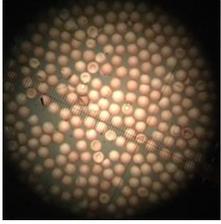
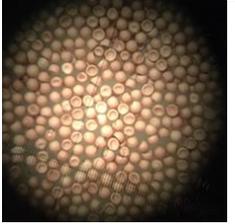
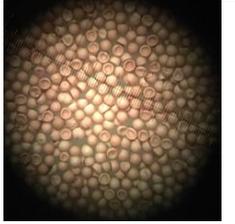
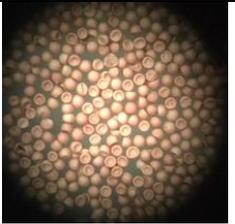
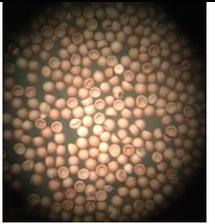
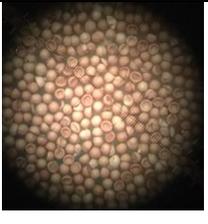
24 ч	 10%	 14%	 44%	 72%
48 ч	 41%	 72%	 89%	 93%
72 ч	 75%	 92%	 100%	 100%

Рис. 29. Изменение во времени дегидратации цист при разной солености рапы

### 3.5.3 Устойчивость цист к факторам среды

Цисты в гидратированном и дегидратированном состоянии различаются степенью адаптации к окружающим условиям. Сухие цисты могут переносить широкий диапазон температур: от температуры абсолютного нуля ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) [487] до  $+60^{\circ}\text{C}$ , а при кратковременной экспозиции до  $+90$  [429] и даже  $130^{\circ}\text{C}$  [20].

В рапе природных водоемов влажность цист колеблется в зависимости от солености рапы и в основном находится в пределах 50-65% [153].

Влажные цисты имеют специфическую температурную толерантность (рис. 30) [429]:

- при температуре от  $+4$  до  $+32^{\circ}\text{C}$  в активированных цистах наблюдается метаболизм (чем выше температура, тем науплиусы вылупляются быстрее);

- при температуре от  $-18^{\circ}\text{C}$  до  $+4^{\circ}\text{C}$  и между  $32^{\circ}\text{C}$  и  $40^{\circ}\text{C}$  происходит обратимая остановка метаболизма;

- при температуре меньше  $-18^{\circ}\text{C}$  и больше  $+40^{\circ}\text{C}$  происходит необратимая остановка метаболизма (гибель эмбрионов)

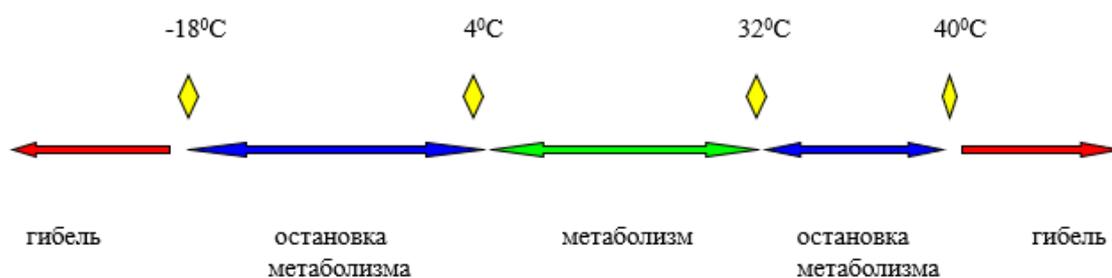


Рис. 30. Специфическая температурная толерантность влажных цист

### 3.5.4 Размеры цист

Диаметр цист в основном находится в диапазоне 220-290 мкм, масса сырых цист – 0,006-0,015 мг, сухих – 0,0028-0,0075 мг. Размеры цист значительно колеблются не только в межвидовом отношении, но и в меж- и внутривидовом. Некоторые закономерные отличия по диаметру и толщине хориона были выделены для отдельных видов артемии (рис. 31). Наиболее крупные цисты с толстым хорионом характерны для партеногенетических популяций артемии, самые мелкие – у *A. franciscana*. Толщина хориона не всегда зависит от диаметра цист. Так, небольшие по размеру цисты могут иметь относительно толстый хорион (PA, ARG, PR), в то время как крупные цисты (GSL) могут иметь тонкий хорион.

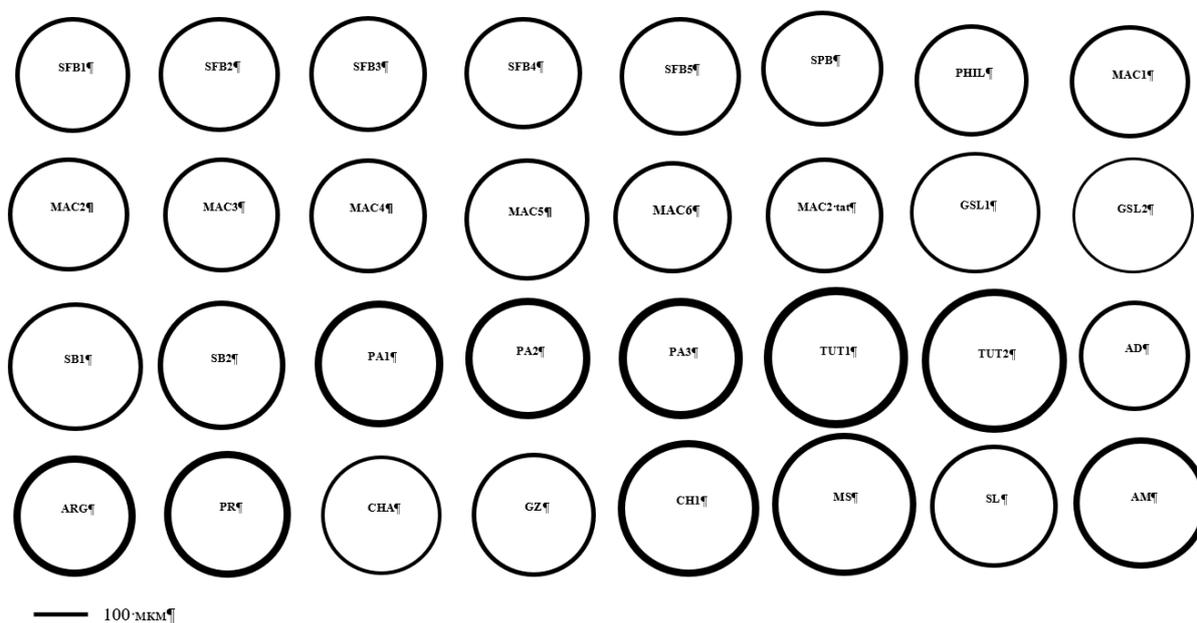


Рис. 31. Диаметр и толщина хориона цист разных видов и популяций артемии (по Vanchaek, Sorgeloos, 1980 [506]): SFB1-SFB5 (San Francisco Bay, США); SPB (San Pablo Bay, США); Phil (Филиппины, Barotac Nuevo); MAC1-MAC6 (Макао, Бразилия); MAC2lab (в лабор. усл.); GSL1-GSL2 (Great Salt Lake, США); SB1-SB2 (Shark Bay, Австралия); PA1-PA3 (Port Araya, Венесуэла); TUT1-TUT2 (Tuticorin, Индия); AD (Adelaide, Австралия); ARG (Argentina, Буэнос-Айрес); PR (Puerto Rico, Bahía Salinas); CHA (Chaplin, Канада), GZ (Galera Zamba, Колумбия); CHA (China, водоем неизвестен), MS (Margaritta di Savoia, Италия), AM (Aigues Mortes, Франция)

Всестороннее исследование морфометрии цист артемии различного географического происхождения, проведенного П. Ванхеке и П. Соргелосом [506], позволило выявить некоторые закономерности, касающиеся размеров цист. Так, авторы пришли к выводу, что цисты артемии можно разделить на 3 группы:

1. Самые маленькие цисты принадлежат штамму Аделаида и *Artemia* из района залива Сан-Франциско, включая штамм, инокулированный SFB, из Макау и Баротак-Нуэво.

2. Партеногенетические штаммы из Китая, Франции, Италии и Индии характеризуются большими цистами.

3. Штаммы с цистами среднего размера, но с очень тонким хорионом, что характерно для *A. franciscana* из озер Чаплин и GSL.

В другой работе [532] при исследовании цист из разных районов Китая (Синьцзянь, Уйгур и Шаньдун), пришли к выводу, что все эти образцы принадлежат к партеногенетическим популяциям, и размер цист больше, чем у обоеполых видов. Согласно результатам, представленным Abatzopoulos et al. [286], цисты *A. tibetiana* являются самыми крупными из когда-либо зарегистрированных как для обоеполых, так и для партеногенетических видов ( $323 \pm 11,2$  мкм).

За последние 30-40 лет в мире появилось множество публикаций по размерам цист. Используя эти работы, а также учитывая обзорную публикацию [407], приводим сведения по диаметру гидратированных и декапсулированных цист, длине науплиусов I стадии по 72 популяциям артемии из разных частей света. Результат объединения этих данных по странам приведен в табл. 2.

Таблица 2. Биометрические данные гидратированных цист и науплиусов I стадии артемии из различных географических источников [116; 151; 153; 156; 195; 250; 286; 289; 290; 299; 302; 304; 320; 335; 339; 340; 406; 407; 450; 500; 506; 507; 512; 513]

Страна, источник артемии	Диаметр цист, мкм		Толщина хориона, мкм	Длина Н-1, мкм
	Ц г	Ц д		
Алжир	247,2-268,8	217,6-241,5	10,5-14,8	460,4-469,2
Аргентина	230-246	217,4	10,4	431
Австралия	225,8-260,4	209,8-242,2	8,0-9,1	458
Багамы	229,1	210,0	9,6	
Бразилия	228,7-233,5	213,8-216,1	7,5-8,7	447
Болгария	281,0	263,5	8,8	
Бирма	278,4			
Казахстан	279-307		4,0-8,0	
Казахстан, Мангышлак	248,4	229,1	9,7	
Канада, оз. Чаплин	245,4	234,0	5,7	475
Китай	234,0-282,0	215-267	4,2-12,2	460-539
Китай (Тибет)	284,5-330,0		3,6-13,3	540-667
Колумбия	237,0-249,9	220,8-232,7	8,1-8,6	456-480

Кипр	261,3	235,6	12,9	
Эквадор	226,2-242,3			
Франция	257,8-276,3	240,8-261,5	7,4-9,4	508
Индия	254,4-282,9	232,4-262,7	9,9-11,0	509
Иран, оз. Урмия	247,6-286,6	218,4-274,4	1,2-15,6	466-505
Израиль	274,3	258,4	8,0	506
Италия	243-284,9	266,3	9,3	517
Югославия	291,7			
Кения	228,4			
Мадагаскар	285,9 ± 11,6	233,1 ± 9,8		
Мексика	224,9-228,9	207,3-213,1	7,9-8,8	
Намибия	247 ± 11	233,1 ± 9,8		
Нидерланды	236,9	219,0	9,0	
Новая Зеландия	231,6	216,7	7,5	
Перу	227,1-246,9	208,5	9,3-10,1	
Филиппины	225,2-229,7			429
Португалия	224-266	233,6	7,6	
Пуэрто-Рико	253,7	233,4	10,2	452
Испания	248,6-277,8	230,6-258,8	8,3-13,4	
Шри-Ланка	269,8			
Тунис	235,4-268,9	215,1-245,3	10,2-16,0	458-476
Турция	270,4	252,9	8,8	
США, GSL	224,7-253,9	210,0-243,4	3,0-9,5	428-482
Венесуелла	244,3-249,0	222,6	10,9-13,2	474
Вьетнам	242,9			
СССР/Россия	237,1-289,0 (345*)	218,1-265,2	3,9-12,9	432-502
В целом	224 -330	207-274	1,2-16,0	428-667

Примечание: \*-данные, требуют проверки

Таким образом, согласно этим данным, размеры гидратированных цист укладываются в амплитуду 224-330 мкм, декапсулированных – 207-274 мкм, толщина хориона – 1,2-16,0 мкм, длина науплиусов 1 стадии - 428-667 мкм

### 3.6 Биохимический состав рачков и цист артемии

#### 3.6.1 Общий биохимический состав

Артемия относится к ценным видам биоресурсов, поскольку науплиусы этого галофильного ракообразного широко используются в аквакультуре в качестве живого стартового корма при выращивании некоторых видов рыб и ракообразных. Этим объясняется наиболее пристальное внимание ученых к качественному составу питательных веществ в цистах артемии. Биохимический полиморфизм в цистах как в разных популяциях, так и в одной популяции в разные годы неоднократно был отмечен в зарубежной литературе [319;

448] и в сборниках: Nutritional quality of the brine shrimp *Artemia...*, 1978; The use and nutritional value of *Artemia...*, 1986. Особенно много работ посвящено высоконасыщенным жирным кислотам [320; 407; 430 и др.].

В отечественной литературе биохимические исследования цист артемии слабо представлены. Имеются лишь относительно подробные данные по крымским популяциям [228; 225] и отрывочные данные по сибирским популяциям артемии [44; 98; 442].

Тем не менее существование различных видов артемии в разнообразных условиях среды говорит о достаточно разнообразном биохимическом составе рачков [503]. При этом сухая масса (как правило, в пределах  $1,6-3,3 \cdot 10^{-9}$  мг) и индивидуальное содержание энергии (0,037-0,073 Дж) в науплиусах артемии I стадии тесно связаны с размером цист и науплиусов [507, 508]. Согласно литературным данным [407], биохимический состав науплиусов сильно различается: содержание белка от 37 до 71%, липидов - от 12 до 30%, углеводов – от 11 до 23 % и золы - от 4 до 21 %, при этом для взрослых рачков содержание белка колеблется от 50 до 69 %, липидов - от 2 до 19 %, углеводов - от 9 до 17 % и золы - от 9 до 29 %. Подтверждением значительных колебаний в химическом составе артемии различных стадий, видов и популяций служат данные, представленные в табл. 3.

Таблица 3. Химический состав артемии различных видов и популяций (% от сухой массы тела)

Вид/местообитание	Белки	Жиры	Углеводы	Зола	Сухая
<b>Цисты</b>					
СССР (Крым, Каспий, Алтай) <sup>12</sup>	21-61	1,8-13,3			
<i>A. salina</i> / Тунис Сабхет Эль Адхибет <sup>1</sup>	30,3±6,2- 51,2±7,4	16,2±0,8- 18,3±0,5	8,99±1,8- 19,3±8,3		
GSL <sup>4</sup>	55,8	11,2	6,9	5,9	4,8
<b>Цд</b>					
GSL <sup>4</sup>	50,6	14,7	6,6	10,5	3,4
SFB <sup>6</sup>	67,4	15,7	-	-	-
<b>Н-I</b>					
Генический солезавод <sup>12</sup>	48,3	15,3			
<i>A. urmiana</i> / Иран / Урмия <sup>2</sup>	60,5±3,3	18,6±1,1	-		
GSL <sup>4,5,6</sup>	41,6-61,9	14,4-23,1	3,6-10,6	7,1-9,5	1,7-2,7
China <sup>5</sup>	47,3	12,0	-	21,4	3,1
Франция <sup>5</sup>	55,7	12,4	-	15,4	2,7-3,1
SFB-США <sup>5,6</sup>	41,9-59,2	15,9-27,2	11,2	8,2	1,5-2,9
<b>Взрослые (дикие популяции)</b>					
Генический солезавод <sup>12</sup>	29,9	7,6			
Соленое (Алтай) <sup>10</sup>		12,3-14,8			
Куяльницкий лиман <sup>11</sup>		17,9-26,4			
Сан-Диего - США	64,0	12,0	-	20,6	

SFB-США <sup>5</sup>	50,2-58,0	2,4-19,3	17,2	29,2	
Италия <sup>7</sup>	41,9	3,5	-	-	
<b>Взрослые (в культуре)</b>					
GSL <sup>5,6,9</sup>	50,8-67,4	10,8-30,6	4,0-12,3	5,2-13,6	
Франция <sup>5</sup>	53,7	9,4	-	21,6	
SFB-США <sup>6</sup>	39,4-64,0	4,5-12,1	-	-	
Италия <sup>7</sup>	55,4	4,0	20,0	20,6	

Примечание: <sup>1</sup> – [320]; <sup>2</sup>- [459], <sup>3</sup>- [450]; <sup>4</sup>- [369]; <sup>5</sup>- [407]; <sup>6</sup>-[346]; <sup>7</sup>-[504]; <sup>8</sup>-[414]; <sup>9</sup>-[341]; <sup>10</sup>-6; <sup>11</sup>-[172]; <sup>12</sup>- [224]

Количественная оценка липидов является важным параметром, позволяющим оценить энергетическую ценность артемии. Представленные в табл. 4 данные по питательной ценности разных гидробионтов, свидетельствуют о питательной ценности артемии, не уступающей другим видам живого корма.

Таблица 4. Биохимический состав различных организмов, % к сухой массе [225]

Продукт	Белок	Липиды	Углеводы	Литературный источник
Дафния	29,4-61,0	1,6-7,3	20,0-31,2	[21]
Криль	55,6-60,7	2,5-26,0	6,0-28,4	[171]
Личинки хирономид	60,0	3,6	28,0	[21]
Коловратки	28,1-55,4	7,4-21,6	7,0-44,9	[225]
Артемия	38,9-65,0	2,1-28,5	6,0-20,2	[372]

Как правило, жиры составляют от 12 до 30 % массы науплиусов [319]. Однако содержание жиров в рачках зависит от различных факторов, таких как: период сбора, условия окружающей среды, генетические параметры популяции, методы выделения жирных кислот, а также методы анализа [394]. Однако некоторые закономерности в ходе исследований были выявлены.

Известно [318], что артемия может питаться только начиная со второй стадии развития. Поэтому содержание энергии и органических веществ в ней снижается с момента возобновления метаболизма до II личиночной стадии. Согласно литературным данным [516], в науплиусах из залива Сан-Франциско сухой вес и содержание энергии снижалось на 20% и 27% соответственно от I до II-III стадий. Поэтому теоретически декапсулированные цисты должны иметь наиболее высокие показатели по сухому весу и энергетическому содержанию. В табл. 5 представлены данные по индивидуальному весу и энергетическому содержанию декапсулированных цист из разных источников, которые наглядно свидетельствуют о

значительном снижении массы органических веществ и энергии, увеличении зольных веществ от декапсулированных цист к науплиусам I, затем II-III стадий.

Таблица 5. Индивидуальная сухая масса, содержание золы и энергии в декапсулированных цистах, науплиусах I и II-III стадиях из разных географических источников [228; 508]

Источник цист	В/Р	Сухая масса, мг/особь			Содержание золы, % от сухой массы			Содержание энергии, кДж/г сухой массы				Содержание энергии, Дж/особь			
		Дц	Н-I	Н-II-III	Дц	Н-I	Н-II-III	Ц	Дц	Н-I	Н-II-III	Дц	Н-I	Н-II-III	
SFB	В	2,15	1,63	1,25	4,37	6,33	10,35		23,25	22,48	21,52		0,050	0,037	0,027
SPB	В	2,48	1,92	1,36	4,28	6,17	10,20		23,16	22,33	21,11		0,057	0,043	0,029
Масау-1 (Бразилия)	В	2,25	1,68	1,15	4,31	5,83	10,11		22,65	22,71	20,88		0,051	0,038	0,024
Масау-2	В	2,30	1,74	1,21	4,21	5,88	10,21		22,54	22,52	21,12		0,052	0,039	0,026
Barotac Nuevo (Филиппины)	В	2,21	1,68	1,21	4,09	6,07	10,08		23,37	22,74	21,47		0,052	0,038	0,026
Чаплин (Канада)	В	3,05	2,04	1,59	5,36	6,59	11,12		23,01	21,94	19,45		0,070	0,045	0,031
Буенос-Айрес (Аргентина)	В	2,66	1,72	1,13	5,26	6,32	9,75		22,29	22,02	20,37		0,059	0,038	0,023
Bahia Salinas Пуэрто-Рико)	В	2,87	2,10	1,68	4,82	5,51	9,87		22,64	22,39	21,81		0,065	0,047	0,037
GSL	В	3,23	2,42	1,59	4,51	5,69	9,61		22,90	22,35	21,31		0,074	0,054	0,034
Shark Bay (Австралия)	Р	3,42	2,47	2,07	3,78	5,28	8,54		23,05	22,33	21,68		0,079	0,058	0,045
Margherita di Savoia (Италия)	Р	4,51	3,33	2,51	4,49	6,17	9,10		21,38	21,76	20,84		0,096	0,073	0,052
Тяньзинь (Китай)	Р	4,17	3,09	2,37	5,09	6,63	9,84		21,74	22,05	19,94		0,091	0,068	0,047
Lavalduc (Франция)	Р	3,98	3,08	2,20	4,25	6,03	9,33		21,89	21,76	20,15		0,087	0,067	0,044
Генический солезавод									13,92		14,20		10,81		
Сиваш сольпром									15,59						
оз. Чонгар									11,01						
оз. Аджиголь									5,59						
Каспий (вост.ч.)									12,99						
оз.Соленое(Алтай)													18,22		

Примечание: Р-партеногенетические популяции, В – бисексуальные

Изучение биохимического состава науплиусов артемии дает возможность оценить потребность личинок рыб и ракообразных не только в белках и углеводах, но и в жирных кислотах, а также подобрать определенный вид артемии к определенному виду выращиваемого гидробионта. При этом нужно учитывать, что пищевая ценность науплиусов различается не только между популяциями и видами, но и внутри одной популяции в разные сезоны.

### 3.6.2 Жирнокислотный состав

В 1970-х годах ученые и практики столкнулись с удивительным фактом: только использование в качестве корма цист из залива Сан-Франциско давало положительные результаты при выращивании личинок ракообразных и морских рыб, цисты же из других популяций вызывали проблемы. Начались поиски скрытого фактора, отвечающего за результаты культивирования. Были обнаружены различия в жирнокислотном составе цист, который в определенной степени определялся окружающей средой. Учеными [407; 520] было установлено, что жирнокислотный состав взрослой артемии, а также образуемых ею цист зависит от жирнокислотного состава рациона артемии. Оказалось, что жирные кислоты (n-3) и особенно эйкозопентаеновая кислота (ЭПК) 20:5n-3 определяют пищевую ценность больше, чем другие биохимические компоненты. В последствии была доказана важность и другой ВНЖК – докозгексаеновой кислоты 22:6n-3 (ДГК), а также соотношения ДГК/ЭПК. Таким образом, для водных животных была доказана более высокая потребность в жирных кислотах серии n-3, в то время как для наземных животных более важна серия n-6 [435].

В табл. 6 представлены данные по основным жирным кислотам у артемии на разных стадиях жизненного цикла из разных мест обитания.

Благодаря исследованиям, проведенным еще в 70-х годах прошлого века [519], жирнокислотный состав артемии, является наиболее изученным биохимическим компонентом. Авторы показали, что длинноцепочечные незаменимые жирные кислоты в артемии являются весьма изменчивыми. В обзорной работе [407], где была проанализирована большая база данных по опубликованным и неопубликованным профилям жирных кислот, было показано, что шесть жирных кислот 16:0, 16:1(n-7); 18:1(n-9); 18:2(n-6); 18:3(n-3); и 20:5(n-3) составляют около 80% от общего количества жирных кислот в пробах артемии. Причем насыщенные и моноеновые жирные кислоты этой группы, 16:0, 16:1(n-7) и 18:1(n-9), обычно составляют от 40 до 60% от общего количества жирных кислот. Проведенные исследования показали, что ряд жирных кислот, а именно 18:3(n-3) и 20:5(n-3), определяют наибольшую питательную эффективность артемии. Причем линоленовая кислота, 18:3(n-3), является незаменимой жирной кислотой для пресноводных организмов, а эйкозопентаеновая кислота, 20:5(n-3), является незаменимой жирной кислотой для морских организмов [393]. При отсутствии обеих жирных кислот, что очень редко встречается, артемия будет плохой пищей как для пресноводных, так и морских видов аквакультуры. Как правило, содержание линоленовой кислоты в образцах артемии составляет более 20% от общего количества жирных

кислот, содержание эйкозапентаеновой кислоты - около 5%. Образцы обоих типов подходят для скармливания пресноводным организмам.

Таблица 6. Состав жирных кислот различных стадий артемии из разных географических мест (мг/г сухой массы) (по Dhont and Sorgeloos, 2002 [351])

Стадия артемии, источник	Пальмитиновая кислота 16:0	Пальмито-олеиновая кислота 16:1 (n-7)	Олеиновая кислота 18:1 (n-9)	Линолевая кислота 18:2 (n-6)	Линоленовая кислота 18:3 (n-3)	ЭПК 20:5 (n-3)	ДГК 22:6 (n-3)
<b>Цисты</b>							
GSL-США <sup>1</sup>	12,7	3,9	19,1	5,5	27,2	3,2	0,1
<b>Цисты декапсулированные</b>							
GSL-США <sup>1,2</sup>	16,1-25,7	5,0-8,1	24,2	6,9-11,1	34,2-49,4	3,9-4,7	0,1
Франция <sup>2</sup>	16,5	9,8	20,9	7,3	22,7	6,2	
<b>Науплии</b>							
GSL-США <sup>1,3,4</sup>	13,2-19,4	4,1-7,4	20,3-34,8	5,7-10,1	28,6-40,0	3,5-8,9	tr
Китай <sup>5,6</sup>	12,6	6,7	17,8	11,0	3,6-39,3	1,4-7,5	0,0-0,4
Урмия-Иран <sup>6</sup>						2,7	0,4
<i>A. parthenogenetica</i> <sup>6,7</sup>	15,7	1,6	23,7	12,2	6,8	3,5-14,7	0,0-0,4
Мадагаскар <sup>8</sup>	18,6	20,2	21,2	7,4	6,25	24,5	0,0
<i>A. persimilis</i> -	14,4	9,5	17,9	8,0	16,7	0,0	0,3
<i>A. tibetiana</i> – Китай <sup>9</sup>	23,6	2,4	40,4	6,2	tr	44,7	0,2
<b>Взрослые рачки</b>							
GSL-США <sup>10</sup>	3,9	1,7	7,4	15,4	1,7	1,7	0,8
GSL-США <sup>11</sup>	9,1	4,3	18,3	15,9	0,0	2,8	0,0
SFB-США <sup>3</sup>	4,5-14,5	0,2-1,0	9,0-17,1	1,7-30,5	3,5-13,5	2,5-3,9	0,1-0,4
В целом	3,9-25,7	0,2-20,2	7,4-40,4	1,7-30,5	0-49,4	0-24,5	0-0,8

Примечание: <sup>1</sup>- [369]; <sup>2</sup>-[403]; <sup>3</sup>- [363]; <sup>4</sup>- [376]; <sup>5</sup>- [348]; <sup>6</sup>- [499]; <sup>7</sup>- [377]; <sup>8</sup>- [500]; <sup>9</sup>- [375]; <sup>10</sup>- [414]; <sup>11</sup>-[403].

Исследованиями ученых [403; 438] было показано, что состав жирных кислот в образцах артемии определяется окружающей средой, а не генетикой. Оказалось, что жирнокислотный состав рачков взрослых артемий, а также цист, которые они производят, отражает жирнокислотный состав рациона, которым они питаются. Поэтому цисты артемии, образующиеся в больших соленых озерах с одним преобладающим видом водорослей (например, GSL), имеют более постоянный состав жирных кислот с течением времени, чем цисты из выпариваемых соленых прудов, в которых виды водорослей могут заметно меняться. Цисты из GSL характеризуются высоким уровнем линоленовой и низким уровнем эйкозапентаеновой кислоты. Поскольку на это озеро приходится большая часть мирового промысла цист (90% - в прошлом веке и около 30-40% - в настоящее время), значительная доля цист на мировом рынке адекватна только для культивирования пресноводных организмов. Для устранения этого дисбаланса в жирнокислотном составе артемии при культивировании морских организмов используются процедуры обогащения эйкозапентаеновой кислотой (раздел 8.4). О значительной вариации содержания 20:5n-3 (EPA) у артемии одного вида и даже одной популяции в разные сезоны свидетельствуют данные, представленные в табл. 7.

Таблица 7. Внутривидовая изменчивость содержания 20:5n-3 (EPA) в артемии [407].

Источник цист	20:5n-3 (%)	Коэффициент вариации (%)
Залив Сан-Франциско, Калифорния-США	0,3-13,3	78,6
Грейт-Солт-Лейк (Южный рукав), ЮТА-США	2,7-3,6	11,8
Грейт-Солт-Лейк (Северный рукав), ЮТА-США	0,3-0,4	21,2
Озеро Чаплин, Канада	5,2-9,5	18,3
Макао, Бразилия	3,5-10,6	43,2
Бохайский залив, Китай	1,3-15,4	50,5

Из сводки литературных данных по жирнокислотному составу (табл. 8) также видны значительные флуктуации различных жирных кислот у артемии разных возрастных стадий.

Таблица 8. Жирнокислотный состав артемии на различных стадиях развития, % [225; 299; 320; 335; 394].

Жирные кислоты	Цг	Цд	Науплии	Взрослые рачки
Ненасыщенные				
C12:0	-		0,00-0,38	-
C14:0	0,60-3,80	1,7-2,9	0,43-6,77	1,4
C15:0	0,14-1,02	0,4-1,0	0,11-3,35	0,7
C16:0	9,80-20,40	15,6-33,0	5,90-34,28	13,5
C17:0	0,00-1,50	0,6-1,3	0,30-5,76	1,3
C18:0	1,70-6,00	2,72-13,67	1,60-14,54	5,9
C19:0	-	-	0,48-1,78	-
C20:0	0,28-0,35	0,1-0,2	0,10-15,69	2,0
C21:0	-	-	0,26-0,90	-
C24:0	0,00-0,02	-	-	-
Мононенасыщенные				
C14:1	1,03-3,55	0,8-1,0	0,74-3,30	2,3
C15:1	0,44-0,56	0,5-0,7	0,13-1,40	0,8
C16:1w7	6,00-23,50	1,13-23,64	1,91-21,90	13,8
C17:1	0,00-1,10	1,1-2,2	0,45-2,12	0,9
C18:1w7/w9	18,00-33,50	10,93-32,24	19-23-42,66	35,6
C20:1w7/w9	0,21-0,49	0,3-0,7	0,35-7,32	-
C22:1	0,60-0,70	-	0,10-0,90	-
C24:1	-	-	0,00-0,20	-
Полиненасыщенные				
C14:2	-	-	0,10-0,30	-
C16:2 w7	0,58-2,10	-	0,30-2,97	-
C17:2	-	-	0,42-0,57	-
C18:2 w6	3,60-11,80	2,90-13,28	3,40-15,00	6,2
C20:2	0,08-0,62	-	0,06-1,13	-
C16:3	1,47-3,98	-	0,70-4,70	-
C18:3 w3	2,50-29,00	2,70-28,95	2,20-33,59	6,53± 7,13
C20:3 w3	0,04-2,30	-	0,05-5,82	-
C18:4 w3	0,97-5,15	0,9-1,5	0,40-7,00	-
C20:4 w3/w6	0,20-0,70	0,12-2,46	0,20-4,80	2,2
C20:5 w3	0,20-12,66	0,25-15,20	0,20-15,35	12,0
C22:4	-	-	0,10-0,20	-
C22:6 w3	0,11-0,26	0,0-0,2	0,10-0,60	-

Жирнокислотный состав различных видов и популяций науплиусов артемии представлен в **Приложении 5**.

Согласно литературным данным [288], для *Artemia urmiana* характерны: высокий уровень линоленовой (18:3w3) и низкий уровень эйкозопентаеновой кислоты (20:5w3), в пределах 32,7-54,7 мг/г и 1,8-7,2 мг/г сухой массы соответственно.

Проведенные экспериментальные работы показали, что скорость линейно-весаго роста личинок морских видов рыб напрямую зависит от количества у науплиусов артемии ДГК кислоты, а выживаемость – от содержания ЭПК [429].

Арахидоновая кислота играет важную роль в росте и пигментации личинок рыб [328].

### 3.6.3 Аминокислотный состав

Аминокислоты имеют большую биологическую ценность, поскольку они необходимы для полноценного питания организма и синтеза белков в них. Согласно литературным данным [483], аминокислотный состав науплиусов артемии, в отличии от жирнокислотного, как правило, меньше различается в разных популяциях, что позволяет предположить, что он не определяется окружающей средой так, как жирные кислоты. Кроме того, десять незаменимых аминокислот, необходимых рыбе (аргинин, гистидин, изолейцин, лейцин, метионин, лизин, фенилаланин, треонин, триптофан, валин), обычно присутствуют в достаточном количестве в науплиусах артемии [483].

Аминокислотный состав артемии в различных водоемах существенно варьирует. Как видно из табл. 9, цисты артемии из Северной и Южной Америки значительно различаются в количественном отношении по аминокислотному составу от цист из Арала и Крымских водоемов. Географически более близко расположенные водоемы Арала и Крыма имеют как сходство, так и различия в аминокислотном составе. Так, в цистах Арала содержатся 19 аминокислот, 9 из которых являются незаменимыми (аргинин, треонин, валин, метионин, изолейцин, лейцин, гистидин, фенилаланин и лизин), в цистах Крыма 16 аминокислот, из которых 8 незаменимы. В количественном отношении, аминокислоты в цистах Арала расположены в следующем порядке: Glu > Asp > Leu > Ile > Val > Cys > Ala > Arg > Tyr > Gln > Ser > Pro > Gly > Asn > Thr > His > Met > Phe > Lys [396] аминокислоты из цист водоемов Крыма в таком порядке: Glu > Asp > Ala > Ser > Gly > Pro > Arg > Tyr > Lys > Cys > His > Leu > Val > Thr > Ile > Phe.

Таблица 9. Аминокислотный состав цист артемии из разных популяций [225; 396; 483]

№	Обозначение аминокислоты	[483], мг/г			[396]		[225], %
		SPB	GSL	Макау, Бразилия, мг/г белка	Цисты Арал, мг/г	%	Водоёмы Крыма
Заменимые аминокислоты							
1	Asp	141	113	110	42,47	11,62	10,6-22,8
2	Glu	102	135	131	60,77	16,63	15,6-19,5
3	Ser	77	54	45	16,01	4,38	5,8-8,6
4	Gly	74	60	60	11,81	3,23	4,9-6,0
5	Asn	-	-	-	11,83	3,23	-
6	Gln	-	-	-	16,20	4,43	-
7	Cys	-	-	-	19,01	5,20	1,6-1,8
8	Ala	42	49	46	18,26	4,99	13,7-16,3
9	Pro	49	59	57	15,24	4,16	4,9-5,9
10	Tyr	77	66	105	17,29	4,73	1,9-8,5
Незаменимые аминокислоты							
1	Thr	60	48	52	11,66	3,19	0,0-1,9
2	Arg	98	97	115	17,49	4,78	3,2-6,3
3	Val	55	52	53	29,20	7,99	0,0-2,0
4	Met	26	37	22	2,90	0,79	-
5	Ile	54	68	56	29,53	8,08	0,0-0,5
6	Leu	84	100	89	33,55	9,18	0,6-1,4
7	His	35	27	49	9,03	2,47	0,8-1,8
8	Trp	-	-	-	-	-	-
9	Phe	104	85	51	1,72	0,47	0,0-0,2
10	Lys HCl	87	93	117	1,38	0,37	1,8-2,6

Из приведенных данных видно, что наряду со схожестью с составом аминокислот в цистах соленых озер Крыма и Арала имеются различия, а именно в Арале были обнаружены также аспарагин и глутамин, метионин. Отмечается [396] наличие большого количества незаменимых аминокислот - лейцина, изолейцина, валина, аргинина, треонина, гистидина, метионина, фенилаланина, за исключением лизина, по сравнению с аминокислотами крымских цист, при этом преобладающей аминокислотой в цистах артемии Аральского моря является глутаминовая кислота, которая участвует в важнейших процессах обмена веществ, оказывающих существенное влияние на физиологическое состояние организма. Содержание таких заменимых аминокислот, как серин, глицин, пролин и, в особенности, аланин несколько уступает содержанию их в крымских цистах, а аминокислоты аспарагин и глутамин не были

обнаружены в цистах из соленых озер Крыма. Различия в аминокислотном составе имеются не только артемии в разных популяциях, но и на разных стадиях развития (табл. 10).

Таблица 10. Аминокислотный состав науплиусов и взрослых рачков артемии (в г аминокислоты на 100 г белка) [407]

Аминокислота	Науплиусы					Взрослые	
	Австралия Shark Bay <sup>1</sup>	Бразилия Масану <sup>1</sup>	США SPB <sup>1</sup>	США GSL <sup>1</sup>	Италия Margherita di Savoia <sup>1</sup>	США SFB <sup>2</sup>	США, GSL (14 дней культура на обезжиренных рисовых отрубях) <sup>3</sup>
Ala	4,6	3,9	3,6	4,1	4,1	6,9	5,8
Arg	9,2	9,7	8,3	8,2	8,3	6,5	4,4
Asp	9,1	9,3	11,9	9,5	9,5	9,2	9,6
Cys	*	*	*	*	*	2,2	*
Glu	13,8	11,1	8,6	11,4	12,2	14,2	13,1
Gly	4,8	5,1	6,3	5,1	6,1	5,3	4,8
His	3,2	4,1	6,3	2,3	3,2	1,8	2,1
Ile	4,1	4,7	4,6	5,7	5,4	5,3	4,6
Leu	6,7	7,5	7,1	8,4	8,5	8,0	7,4
Lys	9,0	9,9	7,4	7,8	9,0	7,6	7,8
Met	2,4*	1,9*	2,2*	3,1*	3,1*	2,7	2,1
Phe	6,5	4,3	8,8	7,2	7,2	4,7	4,0
Pro	4,6	4,8	4,1	5,0	5,0	5,2	4,4
Ser	5,0	3,8	6,5	4,5	4,3	4,8	4,4
Thr	4,6	4,4	5,1	4,0	4,6	4,6	4,4
Tyr	6,2	8,9	6,5	5,6	4,6	4,5	2,7
Val	4,6	4,5	4,7	4,4	2,6	5,4	5,0
Групп	**	**	**	**	**	1,0	

Примечание: \* - Cys+Met; \*\* - разрушено HCl; <sup>1</sup>-[483]; <sup>2</sup>-[364]; <sup>3</sup>- [352]

### 3.6.4 Питательная ценность артемии разных возрастных стадий

Питательная ценность артемии изменяется в течение жизненного цикла. В таблице 11 представлены данные по размерам артемии на разных стадиях развития, сухой и сырой массе, содержанию аминокислот, жирных кислот и калорийности.

Таблица 11. Размерные, весовые, энергетические и биохимические характеристики артемии на разных стадиях развития по литературным данным [6; 46; 85; 91; 114; 192; 225; 241; 332; 353; 371; 381; 406; 407, 408; 483; 507, 508]

Стадия развития	Длина, мм	Сырая масса, мг	Сухая масса, мкг	Содержание, % от сухой массы (мкг/особь)				Содержание свободных аминокислот, (незаменимые), [заменимые] рmol/особь <sup>1</sup>	Содержание, % от всех жирных кислот		Энергетическое содержание сухого вещества, кал/мг (Дж/мг), [Дж/особь]	
				белки	жиры	углеводы	зола		18:3 ω <sup>3</sup>	20:5 ω <sup>3</sup>	с золой	без золы
Цг	0,224-0,320	0,006-0,015	2,8-7,5	47,9-61,8 (0,9)	10,4-25,6	7,8-21,5	3,0-11,5	105-135 (23-25) [85-110]	2,3-31,9	0,3-15,4	4,1-5,2	5,8-7,0
Цд	0,207-0,290	-	2,15-4,51	49,5-61,2 (0,70-1,73)	19,5-23,1	9,1-14,9	3,8-6,6	82-536 (13-105) [66-474]	-	-	5,1-5,2 (21,4-23,4) [0,05-0,096]	-
Н-I	0,401-0,670	0,011-0,037	1,4-3,4	37,4-71,4 (0,91-1,87) * (0,91-1,75) ** (0,81-1,71) ***	12,0-30,0	4,5-23,0	4,2-21,4	306-722 (57-135) * (81-138) ** (63-139) *** [224-587] * [280-663] ** [369-698] ***	0,3-28,8	0,2-15,4	4,7-6,1 (21,8-23,3) [0,037-0,073]	5,6-8,2
Н-24ч (Н-II-III)	0,43-0,69	-	4,8 (1,13-2,51)	45,2 (0,6-0,75)	21,3	8,3	8,5-11,1	190-260 (25-50) [160-210]	-	-	4,8 (19,5-21,8) [0,023-0,052]	-
Н-48ч	0,58-0,88	-	6,3	43,3-49,4	11,0	7,5	-	-	-	-	3,5	-
Ювенильные рачки	3,0-7,0	0,2-2,8	35-227	50,6-58,0	15,0-18,2	7,2	18,7-20,0	-	-	-	3,8-4,5	4,8-5,3
Взрослые рачки	8,0-15,0	2,5-8,0	0,5-1,6-мг	38,9-69,0	2,0-24,6	5,6-20,2	9,0-29,0	-	0,5-20,2	0,5-18,6	3,3-6,4	5,0-7,8

Примечание:<sup>1</sup>-[381]; \*-инкубация при солености 5 г/л, \*\* - 35 г/л, \*\*\*-75 г/л.

Анализ представленных в таблице данных показал, что по мере роста длина артемии увеличивается от 0,2-0,3 до 8-15 мм, масса тела – от 6-15 мкг до 2,5-8,0 мг (сухая – от 3-8 мкг до 0,5-1,6 мг), при этом содержание белков относительно постоянно в разных возрастных стадиях и колеблется в пределах 37-71%. Содержание липидов находится в диапазоне от 10 до 30%, минимальные показатели (2%) отмечены в некоторых пробах у взрослых стадий артемии. Содержание углеводов находится в пределах от 4,5-23%, содержание золы – в пределах 3-29% без ясной закономерности изменения в разных стадиях развития. Количественное содержание свободных аминокислот, а также заменимых и незаменимых наиболее подробно изучено для используемых в качестве корма цист и вылупившихся науплиусов (см. табл...), имеет

тенденцию увеличения от цист к свежевылупившимся науплиусам (Н-I) и снижения через 24 ч после вылупления (Н-II и Н-III).

Инкубация цист артемии при разной солености (5, 35 и 75 г/л) [381] показала несущественное влияние на содержание незаменимых аминокислот и увеличение содержания заменимых аминокислот при увеличении солености инкубационной среды (см. табл. 11).

Содержание жирных кислот 18:3 $\omega^3$  и 20:5 $\omega^3$  колеблется в больших пределах в цистах, науплиусах и взрослых рачках в диапазоне от 0,2-2,3 до 15,4-31,9% от всех жирных кислот.

Калорийность по сухому веществу (с золой) находится в пределах от 3,3 до 6,4 кал/мг, без учета золы – 4,8-8,2 кал/мг. Наибольшая калорийность отмечена в декапсулированных цистах и Н-I.

Энергетическое содержание одной особи максимальное в декапсулированных цистах (0,05-0,096 Дж/особь), среднее в Н-I (0,037-0,073), минимальное - в Н-II (0,023-0,052).

## Глава 4 ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ АРТЕМИИ В БИОТОПАХ РОССИИ

### 4.1 Краткая история изучения артемии в России

В России ареал артемии приурочен к аридной и полуаридной климатическим зонам лесостепей, степей, полупустынь в пределах 55<sup>0</sup> с.ш. (озеро Соленое, Тюменская область) на севере ареала - 45<sup>0</sup>с.ш. (озеро Ойбургское, Крым) на юге и 32<sup>0</sup> в.д. (Джарылгач, Крым) на западе - 94<sup>0</sup> в.д. (Чедер, Тыва) на востоке.

История изучения соляных водоемов (среды обитания артемии) в России, хорошо освещенная в монографии А.И. Дзенс-Литовского [93], относит нас в XVIII век, когда началось освоение природных минеральных ресурсов этих озер (поваренная соль, мирабилит, лечебные грязи и т.п.). Так в работах академиков И.И. Лепехина, С.Г. Гмелина, которые в 1768-1774 гг. побывали на озерах Эльтон, Баскунчак и других степных озерах приволжских степей и каспийской низменности, даются первые сведения о самосадочности соли некоторых озер, делаются попытки объяснить пурпурный цвет соли. Впервые С.Г.Гмелин предлагает деление озер на соленые и горькие, которые садят соответственно поваренную и горькую соль. Большую роль в изучении соленых озер внес академик П.С.Паллас, который в период 1768-1794 гг. посетив соленые озера Прикаспийской низменности, Азово-Черноморского побережья, Степного Крыма, Западной и Восточной Сибири и Забайкалья, пытался разобраться с режимом соленакопления. Он впервые указал на роль подземных вод в питании соленых озер Западной Сибири и морское происхождение прибрежных озер Крыма.

Влияние солености на внешний вид артемии было отмечено одесским зоологом В. Шманкевичем [1839–1880). Он содержал артемию (*Artemia salina*) в воде с различной соленостью, и обнаружил изменение внешности этих рачков от солености. При содержании артемии в слабосоленой воде она приобретала черты, схожие с другим жаброногим рачком рода *Branchipus*. Результаты работ были опубликованы в 1872–1877 гг., к сожалению, научным сообществом это открытие не было поддержано, и автор подвергся жесткой критике. Позже эти опыты были подтверждены русским зоологом В. Аникиным, который в 1889 г. [7] при исследовании западносибирских соляных озер обнаружил изменения артемии при разных концентрациях раствора соли.

Повторила эти опыты В. Шманкевича одна из первых в СССР женщин-докторов биологических наук, гидробиолог, трофолог, автор классических монографий, известных как в России, так и за рубежом Н. С. Гаевская, проводившая исследования на Черноморской экспериментальной станции АН СССР, а также на кафедрах гидробиологии сначала

Московского института рыбной промышленности и хозяйства (с 1931 г.), затем Калининградского технического института рыбной промышленности и хозяйства (1937-1957 гг.). Значительный вклад этого ученого в изучение артемии описан в литературе [37]. Часть своих работ Н. С. Гаевская посвятила вопросам экологии и, в частности, влиянию солености на артемию. Еще в 1916 г. вышла публикация Н.С. Гаевской [73] об изменчивости артемии, которая позже была переведена известным немецким экологом Вольтерек и издана в 1922 г.. В 1923 и 1929 гг. она проводит исследования артемии на соленых водоемах Кинбурнского полуострова (коса в западной части Крыма). В результате появляются еще 4 ее статьи.

За более чем вековой период исследования артемии в России было написано множество работ по:

- изменчивости артемии [26; 27; 28; 73; 326 и др.];
- о количественных закономерностях фильтрационного питания артемии [252, 253; 254 и др.];
- затратах энергии на дыхание, рост и размножение у артемии, способе определения продукции и числа пометов у ракообразных [114; 260; 261; 262 и др.];
- образовании лечебных грязей в гипергалинных озерах с артемией [91; 184 и др.];
- экологии, биологии и практическому использованию артемии Азово-Черноморского бассейна [8, 9, 10, 11, 15; 31; 57; 65-70; 172; 197; 224, 225, 226, 227; 228, 233; 234, 235; 236; 265 и др.];
- экологии, биологии и практическому использованию артемии южной части Западной Сибири [46; 47; 49; 55; 52; 53; 56; 102; 132; 133; 146; 151; 153; 156; 157; 158; 160; 162; 163; 170; 194; 218, 219; 223; 241, 242; 245-249; 250; 263 и др.];
- генетике и морфологии рачков артемии [23-29; 148; 153; 156, 291; 325, 326, 327, 417; 421 и др.];
- экологии и биологии артемии в водоемах Калмыкии [110; 111; 112; 195], Хакассии и Тывы [123];
- кормовой ценности артемии и использовании ее в аквакультуре [6; 21; 44; 85; 137; 225; 271; 273; 528].

Определенный вклад в изучение артемии внесли работы по активации цист артемии [20], изучение толерантности артемии к факторам среды [71; 72; 217].

Изучение культивирования артемии, начатое в 70-х годах прошлого века [266], нашло продолжение в настоящее время [78; 161; 130; 218; 420; 423; 425; 427].

Имеются многочисленные публикации прикладного характера, касающиеся использования артемии для кормления кур, приготовления удобрений, сыров, БАДов.

Российским ученым принадлежит основная заслуга в разработке методов определения запасов цист артемии и их рекомендованного вылова. Эти методики используются также в Казахстане и Узбекистане.

Первые сведения о методах определения запасов цист датируются 1986 г. [70]. В инструкции на 6 страницах приводится метод определения запаса цист по двум составляющим: в толще воды и в береговых выбросах. Позднее в работах Т.Л. Студеникиной и В.П. Соловова появились сведения о методах определения запаса цист по трем составляющим: цистам в толще воды, береговых выбросах и овисаках самок [241; 246; 247].

В 2002 г. вышли в свет «Методические указания по определению общих допустимых уловов (ОДУ) цист жаброногого рачка *Artemia*» [181], исполнителями которых был коллектив авторов: Литвиненко А.И., Литвиненко Л.И., Соловов В.П., Ясюченя Т.Л.(Студеникина), Веснина Л.В. В этой методике расчет общих запасов цист предлагается вести по 4 составляющим, так как были включены также бентосные цисты, были даны формулы расчета ориентировочных запасов цист для неисследованных ранее водоемов, дан способ расчета предварительного прогноза с годичной заблаговременностью.

В 2019 г. появились «Методические рекомендации по оценке запаса и прогнозированию рекомендованного объема добычи (вылова) артемии», разработанные группой ученых ВНИРО (Литвиненко Л.И., Бизиков В.А., Ковачева Н.П., Саенко Е.М., Веснина Л.В., Куцанов К.В., Семик А.М., Паршин-Чудин А.В. [180]. В этом методическом пособии дается алгоритм расчета запаса цист по 1-ой (весенней), 2-ой (летней) и 3-ей (осенней) генераций артемии. Раздельно приводятся расчеты запасов цист: для мелководных водоемов; для относительно глубоководных (более 2 м) водоемов и в заливе Сиваш (Крым), а также приводится метод расчета запасов артемии на стадии рачка.

Исторический ряд периода изучения запасов артемии в водоемах России начинается с 1973 г., когда были опубликованы работы П.М. Воронова по водоемам Крыма. На рис. 32 представлена временная хроника вновь открытых артемиевых водоемов, отображенная в публикациях. Из рисунка видно, что первые сведения о водоемах Сибири приурочены к 1986 г. В настоящее время в России известно о существовании 132 водоемов с артемией.

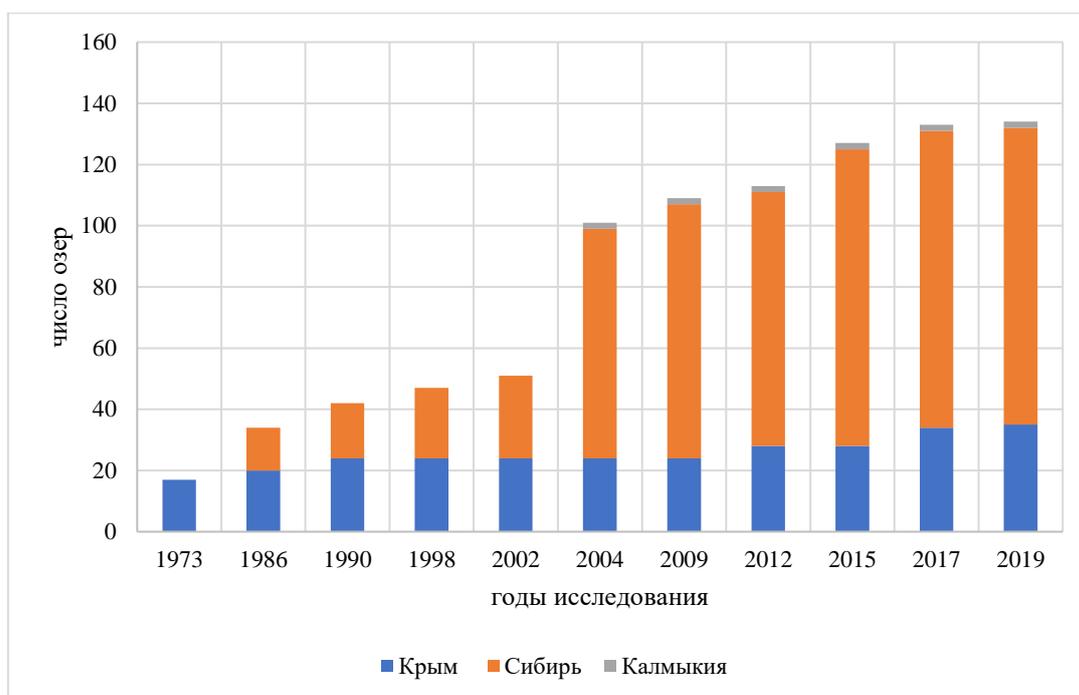


Рис. 32. Историческая хроника исследования артемиевых озер России по имеющимся публикациям [17; 66; 101; 151; 153; 180; 225; 226; 233; 241; 243; 246; 419; 429; 485; 486; 503; 511; 513].

#### 4.2 Географическое расположение артемиевых озер в России и сопредельных странах

Географическая зона соленых озер на территории России и стран СНГ насчитывает более 30 бессточных бассейнов современного соленакопления, к отдельным котловинам которых приурочено формирование соленых озер [103]. На рис. 33 представлено расположение 22 бассейнов солёных озёр России и СНГ.

География артемиевых озер тесно связана с распределением соленых озер в указанных на рисунке 33 бассейнах.

Территория России, простирающаяся вдоль южной границы от Азово-Черноморского побережья, по югу Западной Сибири до Саян, в связи с особенностями климата и рельефа, обладает большим количеством мелководных, хорошо прогреваемых, минерализованных водоемов с высокой продуктивностью. Отсутствие хищников позволяет популяциям артемии процветать в таких сообществах, а при высокой солености воды – даже развиваться в монокультуре.

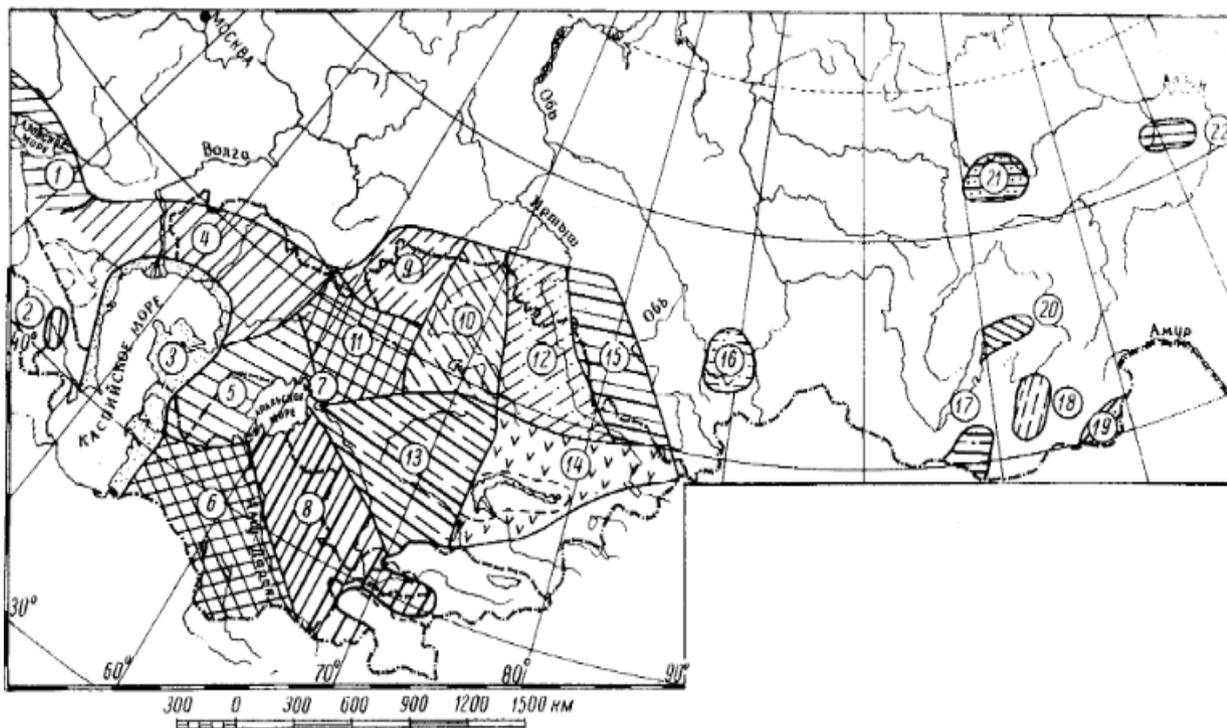


Рис. 33. Бассейны солёных озёр России и СНГ (по Дзенс-Литовский, 1957 [92]): 1- Азово-Черноморский бассейн приморских минеральных озёр (лиманы, лагуны, сиваши, озёра); 2-Кура-Тбилисский бассейн грузинских сульфатников; 3-Прикаспийский бассейн приморских и континентальных минеральных озёр; 4-Урало-Эмбенский бассейн приморских, смешанных и континентальных солёных озёр; 5-Усть-Уртский бассейн континентальных соляных озёр; 6-Каракумский бассейн континентальных солёных озёр и шоров; Бассейны приморских и континентальных соляных озёр: 7-Приаральский, 8-Кызылкумский, 9-Тоболо-Убаганский, 10-Ишимский, 11-Тургайский 12-Чу-Сары-Суйский, 13-Прииртышский, 14-Прибалхашский, 15-Кулундинский, 16-Минусинский, 17-Селенгинский, 18-Ингодинский, 19-Аргунский, 20-Алгинский, 21-Кемпендяйский, 22-Абалахский.

В России можно выделить два центра сосредоточения популяций артемии. Это Черноморско-Каспийский бассейн и южная часть Западной Сибири (рис. 34).

В Черноморско-Каспийском бассейне природные водоемы с артемией встречаются в основном в Крыму, Калмыкии в двух озерах (Большое Яшалтинское и Джама), возможно, в ильменах Астраханской области.

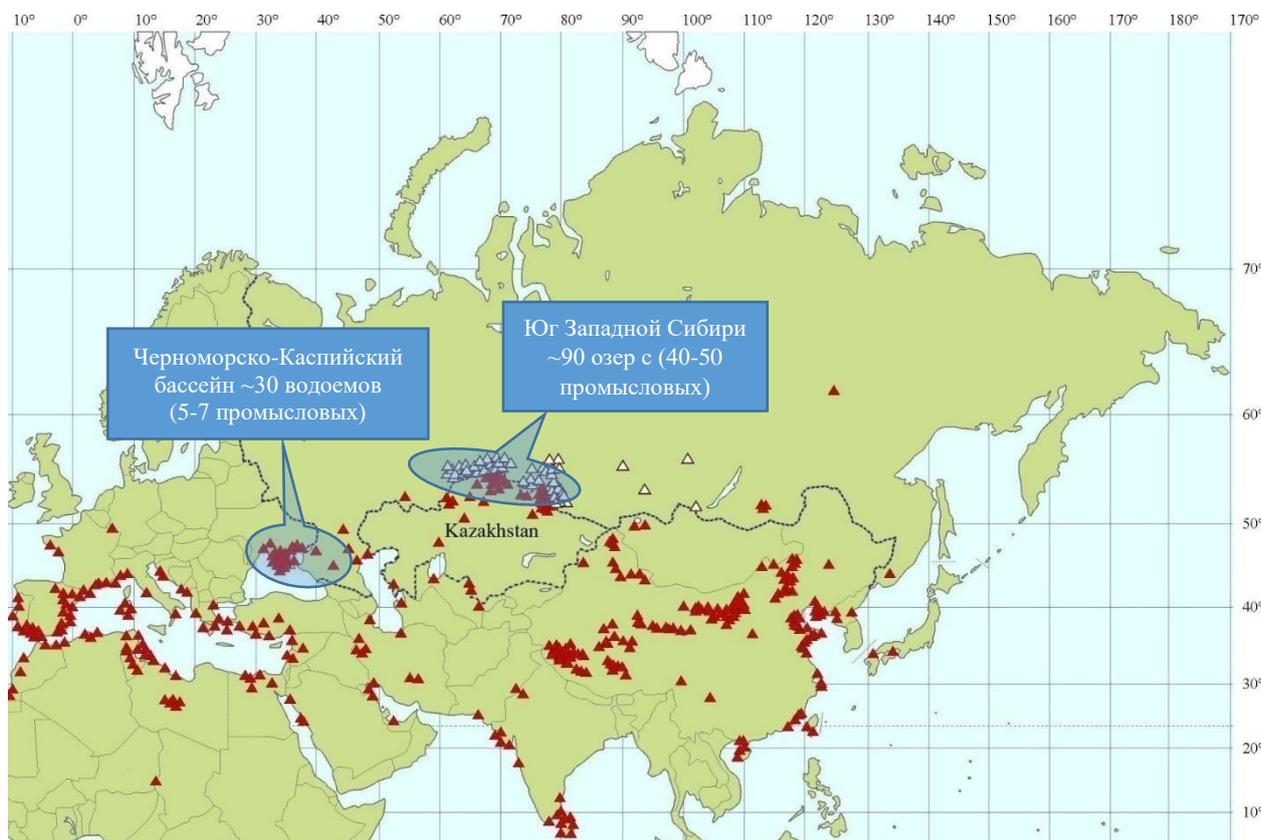


Рис. 34. Расположение артемиевых водоемов в мире и России

#### 4.2.1 Крымский полуостров

В настоящее время в Крыму насчитывается более 300 озёр, из которых 45-50 являются гиперсолёными, включая залив Азовского моря Сиваш (рис. 35), крупнейшую гиперсолёную лагуну мира [10; 84; 227].

Залив Азовского моря Сиваш, является уникальным водным объектом, в котором солёность воды в разных частях значительно различается. Благодаря Геническому проливу (длина около 5 км, ширина - 80-130 м, глубина 2,0-3,5 м), Сиваш постоянно пополняется морской водой Азовского моря с солёностью 10-11 ‰. От Азовского моря Сиваш отделен длинной песчаной косой Арабатская стрелка (длиной около 100 км, шириной от 0,3 до 8 км); от Черного моря – узким Перекопским перешейком. Протяженность залива составляет около 200 км с востока на запад, и от 2 км до 35 км с юга на север с площадью водного зеркала залива около 2500 км<sup>2</sup>, из них около 600 км<sup>2</sup> – сезонно пересыхающие акватории. Чонгарский пролив (длиной около 1 км, шириной 200-300 м, глубиной 0,5-1,0 м) разделяет залив на две крупные части: Восточный (диной около 117 км и шириной 2-35 км) и Западный Сиваш [62; 235].



Рис. 35. Залив Сиваш [549]

Площадь крымских озер составляет приблизительно 52 тыс. га. Большая часть водоемов мелководны с глубиной около 1 м. Соленость меняется в разные периоды годового цикла. В зависимости от географического расположения, соленые водоемы сгруппированы в 5 групп: Перекопская группа (10 озер), Евпаторийская группа (15 озер), Тарханкутская группа (10 озер), Керченская группа (7 озер) и Херсонесская группа (3 озера).

Прибрежные соленые озера Крыма формировались в постчетвертичное время благодаря глобальному потеплению климата и общему повышению уровня мирового океана, в том числе и в пресноводном Эвксинском море. Быстрая смена солевого режима в этом водоеме определила своеобразие Черного моря, воды которого характеризуются повышенным содержанием сероводорода на глубинах более 100 метров от поверхности. Затопленные (около 7 тысяч лет тому назад) пониженные участки рельефа на западном, северном и восточном побережье сформировали очертания Крымского полуострова близкие к современным, а лагуны и заливы в последствии были отделены от акваторий Черного и Азовского моря песчано-галечными пересыпями [38]. Крымские соленые озера, сформированные около 6500-7000 лет назад, согласно их минералогической истории, подразделяются на морские и внутренние. Водоемы с морским происхождением в отдаленные эпохи были морскими заливами или эстуариями, затем отделились от моря песчаными насыпями. Водоемы внутренние образовались в результате углублений рельефа и последующего насыщения минеральными солями, поступающими с грунтовыми водами из почвы и осадочных пород [84]. На формирование некоторых соленых озер оказал влияние грязевой вулканизм, с продуктами которого, а также с источниками сероводородных вод в рапу и в донные

отложения попадали бор, калий, литий, рубидий, цезий, мышьяк, ртуть и другие микроэлементы [184].

В зависимости от концентрации солей озёра делятся на самосадочные и несамосадочные. Имеются озёра, содержащие лечебные грязи. В летний период некоторые озёра пересыхают.

На рис. 35 показано расположение гипергалинных водоемов в Крыму.

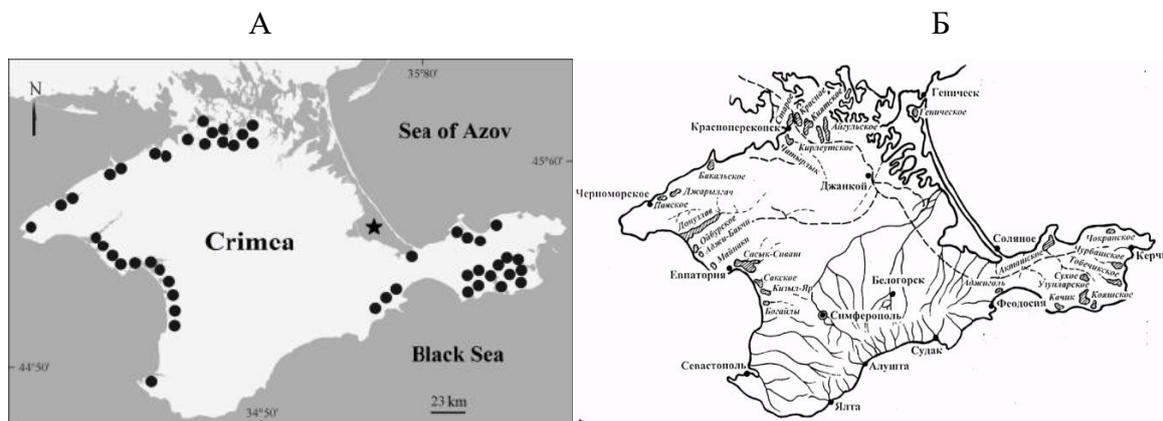


Рис. 35. Расположение гипергалинных озер и залива Сиваш: А- по Ануфриева, Шадрин, 2018 [10]; Б – по Руднева, 2004 [226]

Несмотря на большое множество гипергалинных водоемов на территории Крыма, промысловое значение, как источников цист артемии, имеют лишь немногие из них.

Изучение запасов артемии в Крыму, проведенное сотрудниками АзНИИРХ в период 1965-1972 гг., показало, что из 27 обследованных соленых озер, артемия была обнаружена только в 11 [66]: Южный и Западный Сиваш, Сасык-Сиваш, Джарылгач, Тобечикское, Чокракское, Поповское, Сакское, Кызыл-Яр, Бакал и Большое Отар-Мойнакское общей площадью 1320 км<sup>2</sup>; причем эти озера расположены в различных районах Крыма. По данным П.М. Воронова, в период 1965-1972 гг. промысловые запасы цист в соленых озерах Крыма колебались от 5,8 т (1970 г.) до 74,1 т (1972 г.), что в среднем за 8 лет составило 32,4 т.

В заливе Сиваш заготовка артемии до 2010 г. не проводилась. В последующие годы на северном побережье Сиваша периодически вылавливали рачков артемии в объеме не более 2-12 т в год. Первые исследования по оценке состояния запасов рачков артемии в Восточной части залива Сиваш были проведены ЮгНИРО в середине августа 2013 г. В период исследований рачки артемии в планктоне отсутствовали. На рис. 37 показано расположение Восточного и Западного Сиваша и соленость в 2017-2018 гг.



Рис. 37. Залив Сиваш (Азовское море) и его районирование (по Методическим рекомендациям... [180]).

С 2016 г. ФГБНУ «ЮгНИРО» проводит плановые мониторинговые исследования запасов цист и рачков артемии в Крыму. Согласно этим данным [236], запасы в озерах Крыма (Айгульское, Кирлеутское, Ойбургское, Аджибайчикское, Солёное, Акташское) с общей акваторией около 73 км<sup>2</sup> в 2016 г. составили 542 т цист и рачков 781 т.

В пересчете на площадь водоемов запасы цист в 60-х годах прошлого века в среднем составили 0,25 кг/га, в настоящее время увеличились до 74 кг/га. В первом случае очевидна недооценка имеющихся запасов цист, во втором – возможно, переоценка.

Мониторинговые исследования запасов цист в водоемах Крыма, проведенные совместно сотрудниками АзНИИРХ и Госрыбцентра в 2017 и 2018 гг., показали, что биопродуктивность, рассчитанная по всем имеющимся на тот момент рачкам разных возрастных стадий и численности цист в биоценозе, в разных частях залива Сиваш значительно отличалась (рис. 38).



Рис. 38. Расположение станций отбора проб, карта – схема района работ и характеристика обследованных лиманов залива Сиваш во время экспедиции сотрудников Госрыбцентра (июль 2018 г.)

В западной части залива Сиваш в мае 2017 г. биомасса цист была в пределах 22-25 кг/га, в июне 2018 г. - 5-62 кг/га, в восточной части – выше (74 – 125 кг/га). Продуктивность, исследованных в октябре 2017 г. водоемов, была значительно ниже: в южной части залива Сиваш, в озерах Сасык и Джарылгач – запасы цист были в пределах 2,4-2,8 кг/га, в озере Ярылгач – 10,6 кг/га, Ойбурское – 21,9 кг/га, в озерах Кояшское и Аджиголь рачки и цисты отсутствовали. Численность и биомасса рачков в период исследований в западной и восточной части Сиваша были невелики и находились в пределах 1,2-2,0 экз./л и 3,5 – 8,3 мг/л. В озерах Сасык и в Южном Сиваше рачки артемии отсутствовали, в озере Ойбурское составляли 0,50 экз./л и 2,76 мг/л, в озере Джарылгач – 0,27 экз./л и 1,49 мг/л, в озере Ярылгач – 2,1 экз./л и 11,3 мг/л. Почти все найденные в биоценозе крымских водоемов цисты были представлены в бентосе (82-99%), что свидетельствует о проблематичности промысла таких цист [159]. Таким образом, исследованные водоемы из-за низкой биомассы рачков и небольшой численности планктонных цист являлись на период исследований непромысловыми.

В Крыму имеются уникальные озера, где одновременно имеются промысловые запасы помимо артемии других гидробионтов. Так, в озере Айгульское в 2012 г. заготовили 21,8 т хирономид и около 1 т артемии, в озере Акташское: 67 т хирономид, 4 т артемии и 0,3 т гаммаруса [по данным А.М. Семика].

Интересный и относительно простой способ использования артемии в качестве биоиндикатора современного экологического состояния соленых водоемов Крыма был предложен В.В. Чабан [265]. По наличию артемии в воде озер судили с достаточной точностью

о сохранности гидроминеральных ресурсов. В результате артемия была найдена в озерах Ойургское, Аджи-Бачи, Аирчи, Круглое, Галгаское, Конрадское, Терекли, Южный Сасык-Сиваш, Восточный и Западный бассейн Сакского озера. Артемия отсутствовала в результате распреснения в озерах Мойнаки, Северный Сасык-Сиваш, Сакском (везде за исключением восточной и западной части), Кизыл-Яр, Богайлы.

Согласно научным публикациям [15; 66; 79; 225; 226; 265; 275; 415; 484], артемия в разные периоды была встречена в озерах Айгульское, Аирчи, Акташское, Аджиголь (Ащиголь), Бакальское (Бакал), Большое Отар-Мойнакское, Вейсово, Галгаское, Джарылгач, Керлеутское, Кояшское, Конрадское (Терекли-Конрадское), Круглое, Кизыл-Яр, Марфовское, Ойбуркское, Поповское (Аджи, Аджи-Байчи), Репное, Сакское (Саки), Слепное, Тобечикское, Терекли, Чокракское, Чонгар, Южный и Западный Сиваш, Южный Сасык-Сиваш, прудах Восточного и Западного Сиваша.

Прибрежные артемиевые озера Крыма являются также источниками лечебных ресурсов. Кадастр прибрежных озер Республики Крым, подготовленный группой авторов [38], на основе результатов исследований по состоянию на 01.01.2017 г. и анализа литературных данных, включал водоемы разного хозяйственного использования. Так, в области бальнеологии авторами предлагается использовать озера Сакское, Джарылгач, Чокрак и Кояшское. К потенциально «рыбным» водоемам и рекреационным зонам отнесены Кизил-Яр, пресная часть озера Сасык-Сиваш, Донузлав, Караджа, Панское, в северной части Крыма пресноводные части озер Айгульского и Керлеутского, Акташское озеро. Для культивирования артемии ими предлагается использовать соленые части озер Айгульского и Керлеутского. Солепромыслы предприятия «Галит» функционируют в соленой части озера Сасык-Сиваш.

Таким образом, соленые озера Крыма являются не только источниками ценного биоресурса: артемии на стадии цист и рачков, но и других хозяйственно ценных природных ресурсов.

#### 4.2.2 Калмыкия, Астраханская область

В Калмыкии известно [17, 18, 110, 111, 112] о существовании постоянной партеногенетической популяции артемии в озере Большое Яшалтинское ( $S=40 \text{ км}^2$ , средняя глубина - 0,5 м, максимальная - 1,5, соленость от 70 до 440 г/л) и Джама ( $S=5 \text{ км}^2$ , соленость 148-426 г/л).

В ильменах Астраханской области с соленостью 170-370 г/л (рис. 39) из-за значительной нестабильности гидрологии ильменей, а также других малых водоемов,

использование их в промысле, согласно литературным данным [203], не перспективно.

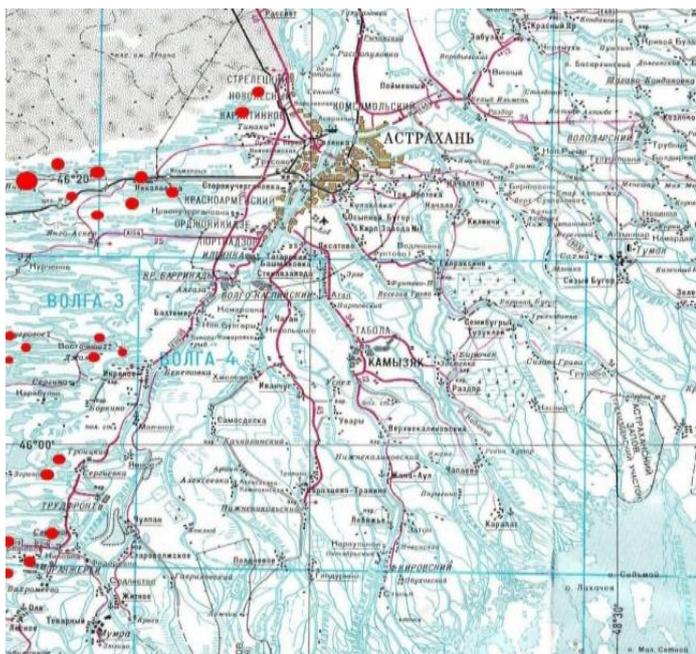


Рис. 39. Расположение ильменей Астраханской области: Малый Ловец, Яга-Овыл-Орты, Ницан, Голута, Большая Самжа, Монетный, Горчичный, Чистая Шайна, Чистый, Камышовый, Япрак, Гурбута, Айна-Нор, Кюте, Святой, Сахть, Зургута, Уласты, Ловецкий (по Письменная, 2022 [203])

Однако, учитывая изменчивость климата, география артемиевых водоемов может быть со временем изменена за счет многочисленных приволжских соляных озер, как «солеродных» (например, Эльтон, Баскунчак, Тимичи, Миликте и другие), так и «несолеродных», но имеющих соленую рапу (Боткуль). Фонд этих озер, согласно данным русского исследователя и путешественника Г.П. Федченко [258] значителен.

#### 4.2.3. Западная Сибирь

Основные промысловые водоемы сосредоточены на юге Западной Сибири. Вся эта обширная территория, расположенная в южной части Обь-Иртышского бассейна, включает в себя следующие административные области: Челябинскую, Курганскую, Тюменскую, Омскую, Новосибирскую и Алтайский край.

Фонд артемиевых озер Западной Сибири весьма значителен и насчитывает от 80 до 100 озер с общей акваторией от 1600 км<sup>2</sup> и более. Только в Алтайском крае насчитывается более 30 озер с площадью 1180 км<sup>2</sup>. На порядок меньше акватория Курганской (125 км<sup>2</sup>), Омской (92 км<sup>2</sup>) и Новосибирской (99 км<sup>2</sup>), Тюменской (52,9 км<sup>2</sup>) и Челябинской (17,1 км<sup>2</sup>) областей. Площадь четырех артемиевых озер, расположенных в Хакасии и Туве, составляет 14,4 км<sup>2</sup> [153; 419].

В **Приложении 6** на карте Яндекс показаны места расположения артемиевых озер Западной Сибири: Челябинская (6 озер), Курганская (18 озер), Тюменская (2 озера), Омская (2 озера), Новосибирская (18 озер) области и Алтайский край (8 озер).

Изучение артемии Западной Сибири проводится сотрудниками Госрыбцентра (ранее СибрыбНИИпроект) на протяжении нескольких десятков лет. За это время определен фонд артемиевых озер, определены запасы и разработаны методики определения этих запасов и прогноз вылова на последующие годы [116; 151; 153; 180; 223; 241; 247; 419 и др.]. За 30-летний период экспедиционных работ было отмечено как исчезновение некоторых мелководных озер (из-за высыхания) или появления или обнаружения новых, ранее не исследованных. В Западной Сибири в настоящий момент известно о 92 артемиевых озерах с соленостью от 30 до 320 г/л. Общая акватория этих озер составляет около 1600 км<sup>2</sup>. Промыслом осваиваются, как правило, только половина озер по причине того, что часть озер из-за низкой или высокой солености в тот или иной период становятся непродуктивными.

#### 4.2.4. Восточная Сибирь

##### Хакасия

На начало 2000 гг., по мониторинговым данным Госрыбцентра в Хакасии было известно о двух артемиевых озерах: Тус и Первомайское [153]. Согласно современным литературным данным [88] по солености озер Северо-Минусинской котловины Хакасии, два озера имеют слабые рассолы Кристальное и Горькое (именуемое в публикации 2009 г. как Первомайское) с минерализацией 59,01 и 74,48 г/л соответственно (рис. 40). Воды оз. Кристальное – сульфатные натриевые, в оз. Горьком - хлоридно-сульфатные. Озеро Тус с минерализацией 115,07 г/л относится к группе крепких рассолов. По анионному составу - это хлоридно-сульфатные воды. Все остальные исследованные авторами в 2012 г. 19 соленых озер имели соленость 1,3-17,6 г/л. Соленость озер Тус и Первомайское (Горькое) соответствует границам обитания артемии. В озере Кристальное, вероятно, в засушливые годы соленость рапы может достигнуть значений для обитания там артемии.

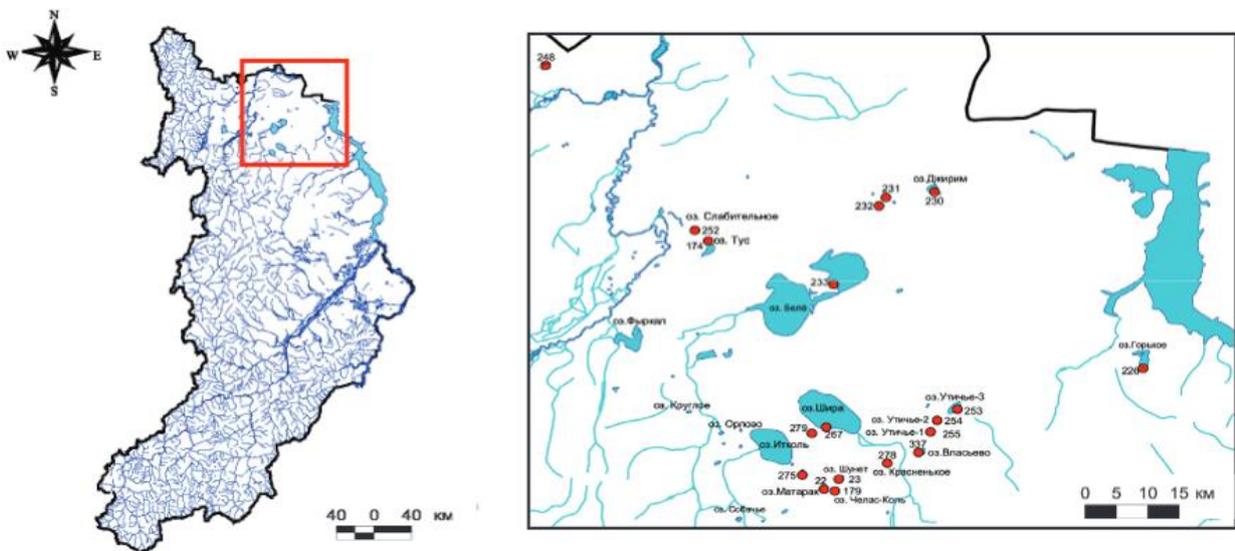


Рис. 40. Расположение рассольных озер Хакассии: №174, 226, 248 по Гусева и др., 2012 [88]

### Тыва

На начало 2000-х гг., по мониторинговым данным Госрыбцентра, в Тыве обнаружены два артемиевых озера: Сватиково (Дус-Холь) и Чедер [153]. Согласно современным литературным данным [122], в Тыве помимо этих озер отмечено еще одно озеро с высокими показателями минерализации воды — Дус-Холь (Самагалтайский), расположенное на расстоянии около 100 км от озер Сватиково и Чедер (рис. 41).



Рис. 41. Расположение артемиевых озер Тувы: по Кирова и др., 2015 [122]

Согласно литературным данным [122; 123; 124; 125], все артемиевые озера бессточные, грязевые, неглубокие, хорошо прогреваемые летом, с питанием подземными и поверхностными водами.

Озеро Чедер расположено в Чедерской бессточной впадине Улуг-Хемской котловины, площадь его водной поверхности ~ 5 км<sup>2</sup>, глубина до 2 м. В питании озера принимают участие

ручьи Кожур-Судак и Чедер (известные также под названием Онгача или Ангачи), впадающие с юга, и грунтовые воды четвертичных озерных отложений. Озерная рапа представляет собой горько-соленый рассол сульфатного типа с минерализацией от 80 до 200 г/л. По данным Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения РАН ТуВИКОПР СО РАН (2013 г.) минерализация в озере составляла 67,17 г/л (в мае соленость была меньше - 24,82 г/л), рН — 7,7.

Озеро Дус-Холь (Сватиково) расположено западнее оз. Чедер в бессточной впадине. Площадь озера 0,55 км<sup>2</sup>, глубина до 2,5 м, питание — атмосферными осадками и подземными водами в виде минеральных источников; соленость озера — от 100 до 299 г/л, рН — 7,9.

Озеро Дус-Холь (самагалтайское) расположено в Убсу-Нурской котловине, на подгорной равнине отрогов хр. Агар-Даг, в озерной впадине. Площадь водной поверхности ~ 0,4 км<sup>2</sup>, глубина - от 0,02 до 0,6 м; на значительной части акватории осаждается поваренная соль с мощностью солевых отложений до 0,3-0,5 м. Местные жители здесь издавна добывали самосадочную соль [202]. По данным за 1990 г., минерализация воды в озере составляла 143 г/л, рН - 6,25 [12].

Современные литературные данные [107] подтверждают наличие бисексуальной популяции в озере Сватиково. Причем доля самцов в этом озере в разные годы меняется [124]: в 2000 г. – 58%, в 2004 – 36%, в 2017 – 49%, в 2018 – 57%.

В **Приложении 7** дан список основных промысловых озер и потенциально-промысловых артемиевых озер России. В список основных озер (водоемов, где ведется регулярный промысел) входят 20 водоемов, расположенных в Алтайском крае (4 озера), Курганской области (7), Омской (2), Новосибирской (7). Общая площадь основных озер составляет 21939 га, средняя глубина этих озер - в пределах от 0,3 до 4,9 м. Соленость в этих озерах колеблется от 40 до 406 г/л при среднемноголетних значениях – от 103 до 265 г/л. В список условно-промысловых вошли озера с нерегулярным промыслом, либо озера, в которых по тем или иным причинам вылов запрещен: 31- в Алтайском крае, 13 – в Курганской области, 2 – в Тюменской, 5 – в Челябинской, 16 – в Новосибирской, 9 – в Крыму, 2 в Тыве и 2 – в Хакасии. Общая площадь этих озер 170646 га, средняя глубина 0,3-2,0 м, соленость – от 25 до 402 г/л.

Однако этот список не включает множество сухих озер Крыма и Западной Сибири, малых соленых водоемов, где периодически (при благоприятной для развития артемии солености) фиксируется наличие артемии. Эти озера в основном используются в лечебных целях (Тамбукан, Тинаки, Ханское), а также возникшее в результате естественного затопления карьеров по добыче соли (Развал, Тузлучное, Дунино и др. озера Илецкого месторождения

каменной соли. В таких озерах как Баскунчак, Эльтон, используемых для добычи соли, соленость превышает 300‰, что исключает появление в них артемии.

Таким образом, на территории России артемиевые водоемы расположены в основном на территориях Азово-Черноморского бассейна, Западной и Восточной Сибири. Согласно рис. 33 [по Дзен-Литовскому, 1968] потенциально такие озера могут быть на территории Забайкалья, Якутии и Дальнего Востока. Подтверждением этому служат данные по солености воды в некоторых озерах Забайкалья [13; 264].

#### 4.3 Особенности климатических условий местообитаний артемии в России

Гипергалинные водоемы России рассредоточены на значительной территории от Крыма до Тывы полосой вдоль южных границ России (рис. 42). Так, расстояние от озера Сватиково (Дус-Холь) в Тыве до озера Ярылгач (Крым) составляет 4450 км. Расстояние между озерами не только большое по долготе (от 32° до 95° восточной долготы), но и по широте (45°-55° северной широты).

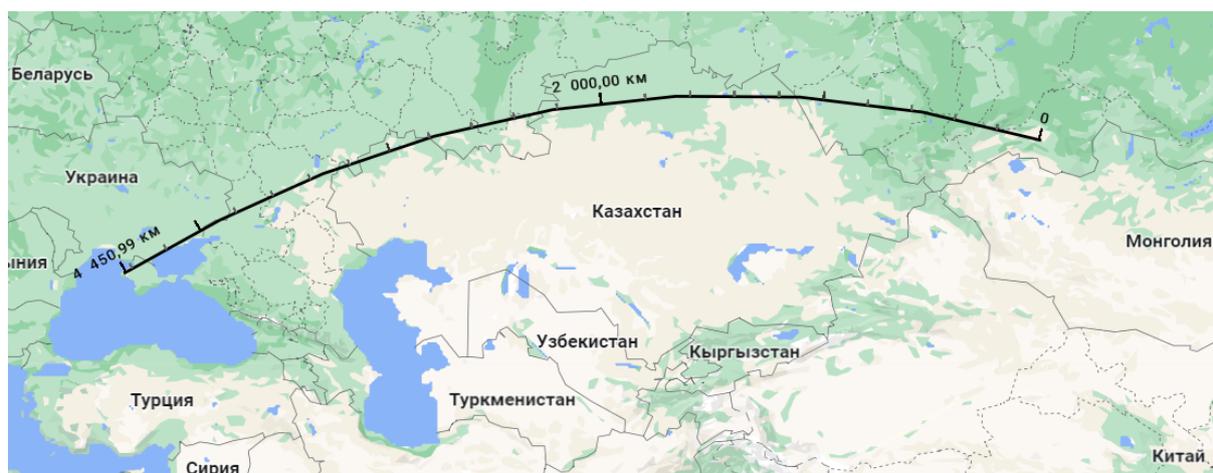


Рис. 42. Расстояние между наиболее удаленными между собой артемиевыми озерами России

На такой обширной территории условия для развития артемии значительно различаются. Это касается и хода сезонных и годовых температур, наличия осадков.

Месторасположения артемиевых озер в России занимает несколько обособленных природно-территориальных комплексов, каждый из которых имеет черты индивидуального ландшафта и характеризуется определенным погодным комплексом:

- Крым - сухостепной, умеренно континентальный;
- юг Восточно-Европейской равнины - от умеренно до резко континентального,

местами засушливого (Астраханская низменность);

- юг Урала и Западной Сибири - от умеренно до резко континентального (Челябинск, Тюмень, Курган, Омск) и континентальный (Новосибирск, Алтай);

- юг Средней Сибири и горы южной Сибири – резко континентальный (Хакассия) и сухой резкоконтинентальный (Тыва).

Таким образом, в России ареал артемии приурочен к аридной и полуаридной климатическим зонам лесостепей, степей, полупустынь. Для этих зон характерна большая годовая амплитуда температуры воздуха, которая может достигать 50-70 °С. В холодный период осадки выпадают в виде снега в Западной и Восточной Сибири. Лето теплое. Средняя температура июля составляет 18-26 °С. Годовое количество осадков изменяется от 100 до 600 мм. Общей характеристикой климата является преобладание испаряемости над поступлением осадков в годовом аспекте.

Территория в основном находится на 80-240 м над уровнем моря, за исключением Астраханской низменности (ниже уровня моря на 18 м) и более высокого расположения озер в Тыве (около 630 м).

Среднемесячная температура (**Приложение 8.1**) на рассматриваемой территории находится в пределах от -29<sup>0</sup>С (Кызыл в январе) до 26,2<sup>0</sup>С (Калмыкия в июле). Среднегодовая температура минимальная в Тыве (-0,7<sup>0</sup>С) и максимальная в Крыму (11,3<sup>0</sup>С). Период с температурами превышающими 5<sup>0</sup>С (граница для жизнедеятельности рачков артемии) находится в пределах от 270 (Крым) до 150 (Новосибирск) и в основном колеблется в пределах 190-200 суток.

О теплообеспеченности рассматриваемой территории в историческом плане наглядно свидетельствует такой показатель, как годовая сумма температур более 10<sup>0</sup>С. В **Приложении 8.1** приведены архивные многолетние данные за 69-134 лет (107 – Крым, 69 – Керчь, 85 – Калмыкия, 134 – Астрахань, 83 – Курган, 79 – Тюмень, 99 – Омск, 102 – Барабинск, 76 – Алтай, 56 – Хакассия, 69 – Тыва) и более современные данные: с 2000 г. по настоящее время или в период с 1980 по 2000 гг. Сравнение этих показателей наглядно свидетельствует о потеплении климата. Лишь в Калмыкии наблюдается современное снижение температур по сравнению с предыдущим периодом 1927-2012 гг. Наиболее значимое потепление наблюдается на территории Крыма, Челябинска и Астрахани. Наименьшая разница в температурном режиме отмечена для Алтайского края.

Для артемиевых водоемов наряду с температурным режимом большое значение на развитие рачков оказывает соленость, которая зависит от количества осадков. В **Приложении 8.2** приведены данные по осадкам в среднем за месяц и год. Среднемесячное количество

осадков на рассматриваемой территории находится в пределах от 2,9 мм (март, Тыва) до 87 мм (июль, Челябинск). Годовое количество осадков находится в пределах от 212 мм (Тыва) до 461 мм (Тюмень). Интегральный показатель засушливости территории - гидротермический коэффициент (ГТК) наименьший в Астрахани (0,4) и наибольший в Тюмени (1,4).

Таким образом, в северной части ареала артемии Евразийского континента наиболее засушливые территории, где ГТК <1, приурочены к западной (Крым, Калмыкия, Астраханская область) и восточной (Тыва, Алтай) части ее обитания.

Сравнение исторических данных, рассчитанных нами по ГТК за 70-100 предыдущих лет с современными данными (см. **Приложение 8.1**) показало, что почти по всей территории, за некоторым исключением (27%), произошло снижение ГТК на 0,1, что является еще одним свидетельством увеличения не только температуры, но и засушливости территории расположения артемиевых озер, что должно отразится и на солёности этих водоемов.

В таблице 12 представлены обобщенные климатические данные по двум центрам сосредоточения артемиевых озер (Урал и Западная Сибирь) и Бассейн Черного и Каспийского морей, расположенных на восточной и западной части ареала артемии в пределах России. Среднегодовая температура в рассматриваемом регионе находится в пределах от 0-2<sup>0</sup>С (Урал, Сибирь,) до 9-12<sup>0</sup>С (Крым). Вегетационный сезон рачков артемии, ограниченный температурой выше 5<sup>0</sup>С начинается раньше и заканчивается позже в водоемах бассейна Черного и Каспийского морей.

Таблица 12. Климатические параметры основных мест обитания артемии в России

Параметры	Единицы	Пределы колебаний	
		Урал и Западная Сибирь (южная часть)	Бассейн Черного и Каспийского морей
Годовая солнечная радиация	ккал/см <sup>2</sup>	36 – 45	115 – 120
Среднегодовая температура	<sup>0</sup> С	+0,1 – +1,8	+ 9 – + 12
Средняя температура января	<sup>0</sup> С	- 15,7 – -19,7	-5,0– +5,8
Средняя температура июля	<sup>0</sup> С	18,3 – 18,9	20 – 24
Сумма температур воздуха выше 10 <sup>0</sup> С	<sup>0</sup> С	1900 – 2400	3200 – 3600
Количество осадков за год	мм	250 – 400	200 – 600
Испаряемость за год	мм	около 600	600 – 900
Годовой дефицит атмосферных осадков	мм	100 – 300	100 – 400
Гидротермический коэффициент	-	0,6 – 1,0	0,25 – 0,6
Прогрев воды до температуры 4-5 <sup>0</sup> С	-	15 – 30 апреля	1 – 30 марта
Охлаждение воды до 4-5 <sup>0</sup> С	-	1 – 20 октября	1 – 15 декабря
«Вегетационный» сезона рачков артемии	дни	180	240 – 285
Сумма температур воды выше 5 <sup>0</sup> С	<sup>0</sup> С	2800 – 3300	-

Согласно докладу об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год Росгидромета [539], скорость потепления в среднем по России значительно превосходит среднюю по земному шару и на отрезке 1976-2020 гг. составляет  $0,51^{\circ}\text{C}$  за десятилетие [541]. На юге Европейской части России в летний период на фоне быстрого роста средних температур сокращается влагообеспеченность, возрастает риск засухи. Среднегодовая температура воздуха Северного полушария ежегодно начиная с 1986 г. больше нормы. В XXI веке она каждый год превышает норму более чем на  $0,5^{\circ}$ , а с 2015 г. – на  $1,0^{\circ}$  и более, за исключением 2018 г., когда она равнялась  $+0,9^{\circ}$ . С начала XXI столетия 20 последних лет входят в число самых теплых в истории метеонаблюдений как в Северном полушарии Земли (рис. 43), так и на территории России (рис. 44).

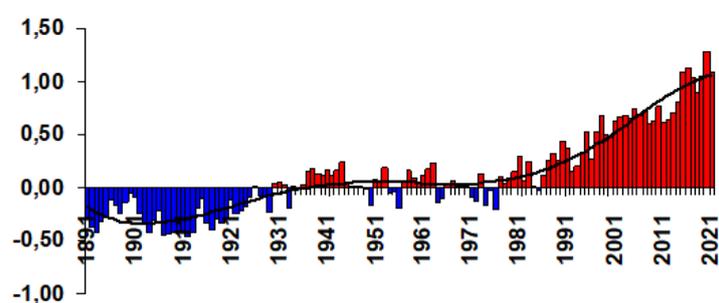


Рис. 43. Аномалии среднегодовой температуры воздуха (с точностью до  $0,1^{\circ}\text{C}$ ) в Северном полушарии Земли в 1891-2021 гг. (по данным Гидрометцентра России [540])

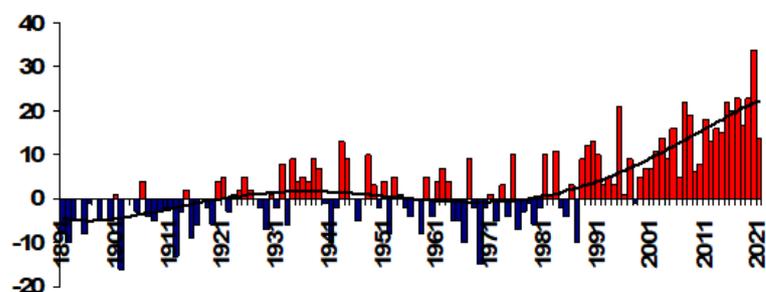


Рис. 44. Аномалии среднегодовой температуры воздуха (с точностью до  $0,1^{\circ}\text{C}$ ) в России в 1891-2021 гг. (по данным Гидрометцентра России [540])

По прогнозам ведущих ученых ФГБНУ «Института природно-технических систем» в ближайшие полвека Крым ждет изменение климата: температура воздуха повысится на несколько градусов, лето станет длиннее и засушливее, а осадков будет меньше.

В этих условиях важно понимать, что произойдет с гипергалинными водоемами, как скажется потепление на запасах артемии и цист. Поскольку артемиевые водоемы отличаются как по площади акватории и глубине, так и по солености рапы, то, вероятно, слабосоленые

водоемы с увеличением солености станут более продуктивными, сильносоленые могут перейти в разряд непродуктивных, а мелкие водоемы при этом могут полностью высохнуть.

Всем известна Аральская катастрофа, это первый случай в истории, когда человек «убил» море [3; 205; 278]. Однако на руинах этого моря остались соленые водоемы, где в настоящее время ведется промысел цист артемии и по динамике роста их запасов, этот водоем, возможно, в ближайшем будущем станет лидером в мировом промысле цист.

#### 4.4 Классификация артемиевых водоемов

Артемиевые водоемы России различаются не только по местонахождению, но и по происхождению, морфометрическим (площадь, глубина), гидрологическим, гидрохимическим и продукционным показателям.

По происхождению абсолютное большинство артемиевых озер России являются континентальными водоемами, образованными в результате эрозий, выдувания, карстовых просадок и провалов. В питании этих озер решающее значение имеют как атмосферные осадки, так и воды поверхностного и подземного стоков.

Водоемы с морским происхождением, расположенные на Крымском полуострове, в отдаленные эпохи были морскими заливами или эстуариями, которые в последствии отделились от моря песчаными насыпями.

По типу водообмена артемиевые озера являются, как правило, бессточными. В зависимости от концентрации солей озёра делятся на самосадочные и несамосадочные.

По площади артемиевые водоемы России подразделяются на:

- крупные (более 10 км<sup>2</sup>) – 23 водных объекта;
- средние (1-10 км<sup>2</sup>) – 54 водных объекта;
- малые (менее 1 км<sup>2</sup>) – остальные водоемы.

Глубина в артемиевых водоемах находится в пределах от 0,1 м до 8,0 м; по средней глубине водоемы, согласно литературных данным [180], делятся на:

- глубоководные (средняя глубина более 4 м) – 1 водоем (озеро Большое Яровое),.
- водоемы со средней глубиной (2-4 м) – 6 водоемов;
- мелководные с глубиной менее 2 м – многочисленные водоемы, включая пересыхающие.

По величине солености артемиевые водоемы подразделяются на:

- гиперсоленые (гипергалинные; с минерализацией более 150 г/дм<sup>3</sup>);
- среднесоленые (среднегалинные; с минерализацией 70-150 г/дм<sup>3</sup>);

– слабосоленые (30-70 г/дм<sup>3</sup>).

Наиболее продуктивны водоемы с соленостью от 70 до 230 г/дм<sup>3</sup>, при солености менее 100 г/дм<sup>3</sup> преобладает в большинстве случаев продукция рачков, при солености более 140 г/дм<sup>3</sup> - продукция цист [180].

По продукции цист артемии водоемы подразделяются, согласно литературным данным [180], на:

- высокопродуктивные (биомасса цист >100 кг/га за вегетационный сезон);
- среднепродуктивные (50-100 кг/га за сезон);
- низкопродуктивные (10-49 кг/га за сезон);
- неперспективные для промысла (<10 кг/га за сезон).

Промысел в водоемах с продукцией цист менее 10 кг/га может нанести ущерб естественному воспроизводству артемии.

Предельные показатели биомассы рачков артемии в водоемах составляют 0-400 мг/л [26, 28, 34, 35, 41-43 и др.]. По продуктивности рачков артемии водоемы подразделяются на:

- очень высокопродуктивные (биомасса рачков >100 мг/л);
- высокопродуктивные (51-100 мг/л);
- среднепродуктивные (10-50 мг/л);
- низкопродуктивные, непромысловые (<10 мг/л).

По отношению к промыслу водные объекты [180] подразделяются на:

– промысловые - водоемы с ежегодно устойчивыми популяциями артемии, с относительно устойчивыми запасами цист в разные годы (20 озер юга Западной Сибири с общей акваторией 220 км<sup>2</sup> (см. **Приложение 7.1**);

– условно-промысловые - водоемы с неустойчивыми популяциями артемии, где артемия, как вид встречается лишь в отдельные годы; а запасы цист варьируют в значительной степени в зависимости от гидрологического режима; также водоемы, где уровень минерализации ограничивает промысловую доступность цист артемии (80 озер России с общей акваторией около 1100 км<sup>2</sup>, см. **Приложение 7.2**).

Промысловые водоемы характеризуются относительно стабильными гидрологическими и гидрохимическими показателями. Глубина этих водоемов, даже в самые засушливые годы, не ниже 0,4 м. Среднегодовая соленость воды близка к оптимальной (100-200 г/дм<sup>3</sup>), в годы повышенной и пониженной водности соленость редко выходит за границы выживаемости рачков в природных условиях (70-250 г/дм<sup>3</sup>).

## 4.5. Химический состав воды

### 4.5.1 Среднегодовое и предельные показатели гидрохимического состава воды артемиевых озер

Соленость воды в 80 артемиевых водоемах Западной (79 озер) и Восточной (оз.Тус) Сибири, исследованных в разные сезоны, в период с 1995 по 2019 гг. (табл. 13) колебалась в пределах от 17 до 468 г/дм<sup>3</sup> и в среднем по всему массиву данных (n=640) составила 140,9±3,3 г/дм<sup>3</sup>. Согласно литературным [20; 322; 344; 429; 462; 491; 509; 513; 522; и др.] и собственным данным, граница встречаемости рачков находится в пределах солености 30-400 г/л. При солености 70-230 г/л артемия развивается нормально. Соленость в пределах 70-150 - оптимальна для продукции рачков, 110-200 – для продукции цист. При солености 30-50 и 250-400 – рачки встречаются единично. При солености менее 50 г/дм<sup>3</sup> и более 320 г/дм<sup>3</sup> рачки, как правило, не встречались, а популяция артемии была представлена только цистами.

Таблица 13. Предельные и среднегодовое значения показателей гидрохимического состава воды 80 озер Западной Сибири, исследованных в 1995-2019 гг.

Показатели	Единицы измерения	M	m	min	max	n	сo	Cv, %
pH	-	8,19	0,02	6,5	9,6	635	0,5	5,8
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	91	5	0	1452	635	125	138
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	591	18	122	5211	639	444	75
Cl <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	64517	1435	8154	190012	640	36303	56
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	26723	967	480	140248	640	26723	92
Жесткость Общая	Ж°	696	17	5	3680	640	430	62
Ca <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	621	35	3	12425	640	894	144
Mg <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	8087	207	59	44615	640	5242	65
Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	40380	1022	1096	160186	640	25866	64
Сумма ионов	мг/дм <sup>3</sup>	140879	3309	16748	468040	640	83717	59
БПК <sub>5</sub>	мг O <sub>2</sub> /л	11,5	0,6	0,2	116,0	581	13,7	119
ПО	мгO/дм <sup>3</sup>	65,2	1,3	3,2	224,0	604	31,4	48
N/NO <sub>2</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	0,012	0,002	0,001	0,130	101	0,024	204
N/NO <sub>3</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	0,030	0,003	0,001	0,190	101	0,034	114
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,522	0,044	0,001	1,900	100	0,438	84

По составу ионов рассолы большинства артемиевых озер относились к хлоридному классу, в 7 озерах (Курганская область: Куртамышское; Омская: Эбейты; Новосибирская: Островное, Осинники, Конево; Хакасия: Тус) отмечен сульфатный класс. В озере Эбейты сульфатный класс в разные годы исследования и даже в одном сезоне менялся на хлоридный. Ни одного озера не обнаружено карбонатного класса. Анализ по всему массиву данных (n=640) показал, что хлоридный класс воды был обнаружен в 98% случаев, сульфатный – в 2%

случаев.

По классификации О.А. Алекина [4], вода большинства исследованных артемиевых озер имеет натриевую группу, за исключением 2% случаев, когда была определена магниевая группа (Челябинская область: Солёный Кулат 2004, 2006; Троицкое, 2015, 2017; Курганская область: Лаврушино 2001, 2002; Требушинное 2004, 2015, 2019; Яманиган 2013, 2019).

По соотношению ионов – в 72% случаев отмечен III тип ( $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ), в 27% - II тип ( $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ ), I тип ( $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) отмечен только в 4 случаях (1%): Малое Горькое (Борки) в 2000, 2013 и 2014 гг.; Куртамышское, 2001 г.

Таким образом, общая формула для гидрохимического состава абсолютного большинства артемиевых озер представлена так:  $\text{Cl}^{\text{Na}}_{\text{III}}$ .

Активная реакция воды находилась в пределах 6,5-9,6, что соответствует градации от слабокислой до сильнощелочной. Максимальные значения pH (9,5-9,6) зафиксированы в озере Куртамышское (Курганская обл.) при солёности 57 г/л, высоких значениях карбонатов ( $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3 - 1452 + 5211$  мг/л) и низкой жесткости (5 мг- экв./л); в озере Горькое (Введенское) Курганской области при солёности 21 г/л и низкой жесткости (20 мг- экв./л). Минимальные значения pH (6,5) - в озерах Солёный Кулат (Челябинская обл.) и Новоключи (Новосибирская обл.) при солёности соответственно 114 и 56 г/л и жесткости 940 и 320 мг- экв./л. Нейтральная среда (pH 6,5-7,5) отмечена в 7% проб, слабощелочная (7,5-8,5) - в 65,5%, щелочная (8,5-9,5) – в 27%. Таким образом, для рапы артемиевых водоемов характерна слабощелочная и щелочная среда.

Значительные колебания солевого состава в озерах свидетельствуют о том, что исследования озер проводилось не только в разные по водности годы, но и в разные сезоны года: весной в период распреснения, летом – в период усыхания мелководных озер.

Хлоридные анионы в озерной рапе большинства озер занимали доминирующее положение. Их концентрация на порядок превышала содержание сульфатных анионов, занимающих вторую позицию в анионном составе. Причем, хлоридные анионы уравнивают катионы как натрия и калия, так и магния. Минимальные концентрации хлоридов (8,2 г/л) отмечены в озере Введенское (Курганская обл.) при солёности 20,9 г/л, а максимальные (190 г/л) - в озере Таузаткуль (Челябинская обл.) в засушливый 2010 г.

Сульфатные анионы находились в пределах от 0,48 г/л (Б.Яровое, 2002) до 140,3 г/л (Эбейты, 2012). И в среднем по всем исследованным озерам их концентрация была ниже хлоридных в 2,4 раза, в эквивалентном выражении эта разница была еще выше (3,3 раза).

Карбонатные и гидрокарбонатные ионы, по сравнению с другими анионами, имеют незначительные концентрации. Максимальные концентрации гидрокарбонатов и карбонатов

отмечены в озерах Курганской области: Куртамышское ( $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$  - 1,45+5,21 г/л) и Борки (0,96+2,84 г/л), в Новосибирской области - в озере Палецкое (0+3,9 г/л). Концентрация карбонатных ионов в основном не превышала 100 мг/л.

В катионном составе воды озер преобладали ионы натрия и калия, суммарная концентрация которых за период наблюдения в разных озерах была от 1,1 (Берсеневка, 2015) до 160 г/л (оз. Эбейты, 2012).

Магний занимал вторую позицию в катионном составе рапы озер. Диапазон изменчивости магниевых катионов составил: от 0,06 г/л (оз. Куртамышское, 2001) и 0,08 г/л (Борки, 2017) до 44,6 г/л (Подольское, 2019) и 36,4 г/л (Ленинское, 2018).

Содержание ионов кальция, необходимого элемента жизнедеятельности ракообразных, в воде большинства артемиевых озер находилось на достаточно высоком уровне (от 0,003 до 12,43 г/л) и в основном не могло лимитировать их потребности. Минимальное содержание кальциевых катионов (3 мг/л) было зафиксировано только в воде оз. Куртамышское (2001 г.), максимальное — в оз. Воскресенка, 2018.

Абсолютное большинство артемиевых озер, из-за высокого содержания ионов магния, имеет очень жесткую воду. Исключение составляет вода в озере Куртамышское Курганской области с жесткостью 5 мг-экв./л. Вода с жесткостью 10-50 мг-экв./л отмечена в двух озерах из этого же региона: Борки и Введенское. Все указанные озера характеризовались высоким значением pH (9,1-9,6) и относительно низкой соленостью (43-68 г/л). Рапа остальных озер была очень жесткой (80 - 3680 мг-экв./л).

Соотношение главных ионов в воде исследованных озер колебалось в широких пределах и значительно отличалось от природной морской воды. Так, отношение  $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$  в морской воде равно 7 (в мг-экв. – 9,7), в воде исследованных озер находилось в пределах 0,3–219,0 и в среднем составляло  $4,2 \pm 1,0$  (в мг-экв. –  $6,3 \pm 0,7$ ). Минимальные значения этого показателя отмечены для озер Эбейты, Островное, Куртамышское (0,33–0,65), максимальные — для оз. Большое Яровое. В более ранних исследованиях (1979–1984 гг.) на этом озере [241] приводилось соотношение  $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$  равное 104,4.

На рис. 45 приведен состав основных катионов и анионов в целом для всех анализируемых проб воды исследованных артемиевых озер в процентном соотношении.

Из рисунка 45А видно, что из анионов на первом месте находятся хлориды (45,8%), на втором – сульфаты (19%). В эквивалентной форме их доля несколько снижается: хлориды – 37,6%, сульфаты – 11,5%. Доля карбонатов (0,06%) и гидрокарбонатов (0,42% и в эквивалентной – 0,2%) ничтожно мала. В катионном составе преобладают ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  (28,6%, в эквивалентной форме – 36,3%), ионы магния на второй позиции (5,7%, в

эквивалентной форме – 13,7%), доля кальция очень мала (0,4%, в эквивалентной форме – 0,6%).

Артемиевые гипергалинные озера содержат значительное количество органических веществ в воде. Об этом наглядно свидетельствуют (табл. 14) такие показатели, как биологическое потребление кислорода за 5 суток (БПК<sub>5</sub>) и перманганатная окисляемость (ПО), характеризующая содержание легкоокисляемого органического вещества в воде.

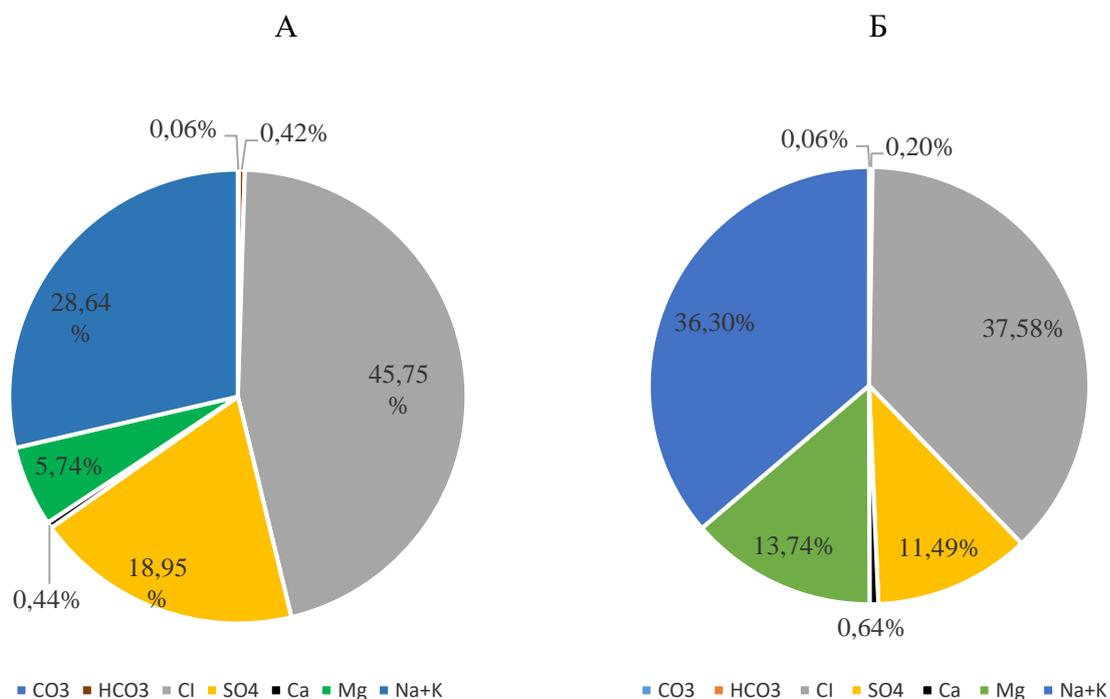


Рис. 45. Химический состав воды исследованных гипергалинных озера: А - % от ионной формы (мг/л), Б - % от эквивалентной формы (мг-экв./л)

Таблица 14. Показатели биогенов и органического загрязнения рапы озера

Показатели	Единицы измерения	M	m	min	max	n	co	Cv, %
БПК <sub>5</sub>	мг O <sub>2</sub> /л	11,4	0,6	0,2	116,0	581	13,5	118
ПО	мгО/дм <sup>3</sup>	65,2	1,3	4,0	224,0	604	31,3	48
N/NO <sub>2</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	0,012	0,00	0,002	0,130	101	0,024	204
N/NO <sub>3</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	0,030	0,00	0,003	0,190	101	0,034	114
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,522	0,04	0,044	1,900	100	0,438	84

Средние значения показателя БПК<sub>5</sub> по всему массиву данных (n=581) составляли 11,4±0,6, с предельными значениями от 0,2 до 116,0 мг O<sub>2</sub>/л. Минимальные значения (ниже 1 мг/л) были зафиксированы в 1,8% случаях (n=11) при рН от 7,1 до 9,3 и солёности от 34 до 234 г/л; максимальные (более 50 мг O<sub>2</sub>/л) – в 2,1% случаях (n=12) при рН от 7,0 до 8,7 и солёности от 78 до 407 г/л.

Средние значения ПО по всему массиву данных (n=604) составляли 65,3±1,3, с

предельными значениями от 4,0 до 224,0 мг/л. Минимальные значения (ниже 30 мг/л) были зафиксированы в 2,5% случаях (n=15) при рН от 7,6 до 9,1 и солености от 17 до 98 г/л; максимальные (более 150 мг О<sub>2</sub>/л) – в 2,5% случаях (n=15) при рН от 7,2 до 8,1 и солености от 107 до 468 г/л.

Таким образом, минимальные значения ПО были зафиксированы при наименьшей солености, максимальные – при наибольшей, что свидетельствует о наличии положительной связи между ПО и соленостью (содержанием ионов хлора).

Кроме того, известно, многие показатели химического состава тесно связаны между собой, чтобы в этом удостовериться был проведен корреляционный анализ между показателями химического состава воды (табл. 15).

Таблица 15. Коэффициенты корреляции между показателями химического состава воды

	PH	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Жест.	Ca	Mg	Na+K	Σ <sub>U</sub>	БПК <sub>5</sub>
CO <sub>3</sub>	<b>0,54</b>										
HCO <sub>3</sub>	<b>0,16</b>	<b>0,48</b>									
Cl	<b>-0,47</b>	<b>-0,26</b>	0,07								
SO <sub>4</sub>	<b>-0,15</b>	<b>-0,15</b>	<b>0,17</b>	<b>0,58</b>							
Жест.	<b>-0,49</b>	<b>-0,30</b>	-0,02	<b>0,84</b>	<b>0,50</b>						
Ca	<b>-0,31</b>	<b>-0,21</b>	<b>-0,23</b>	0,12	-0,08	<b>0,21</b>					
Mg	<b>-0,46</b>	<b>-0,28</b>	0,00	<b>0,83</b>	<b>0,52</b>	<b>0,98</b>	0,11				
Na+K	<b>-0,33</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,17</b>	<b>0,89</b>	<b>0,83</b>	<b>0,64</b>	-0,01	<b>0,65</b>			
Сумма U	<b>-0,38</b>	<b>-0,23</b>	<b>0,14</b>	<b>0,93</b>	<b>0,83</b>	<b>0,77</b>	0,04	<b>0,78</b>	<b>0,98</b>		
БПК <sub>5</sub>	<b>-0,15</b>	<b>-0,13</b>	<b>0,14</b>	<b>0,35</b>	<b>0,38</b>	<b>0,31</b>	0,09	<b>0,30</b>	<b>0,39</b>	<b>0,40</b>	
ПО	<b>-0,29</b>	<b>-0,14</b>	0,12	<b>0,56</b>	<b>0,48</b>	<b>0,53</b>	<b>0,14</b>	<b>0,52</b>	<b>0,57</b>	<b>0,59</b>	<b>0,56</b>

Примечание: Обозначение силы связи цветом; жирный шрифт: связь достоверна

0,01<r<0,29	слабая положительная
0,30<r<0,69	умеренная положительная
<b>0,70&lt;r&lt;1,00</b>	<b>сильная положительная</b>
-0,01>r>-0,29	слабая отрицательная
<b>-0,30&gt;r&gt;-0,69</b>	<b>умеренная отрицательная</b>
<b>-0,70&gt;r&gt;-1,00</b>	<b>сильная отрицательная</b>

Поскольку анализируется значительный массив данных (n – от 581 до 640), достоверность полученных результатов высокая и при уровне значимости p<0,001 коэффициент корреляции 0,13 уже относится к достовернозначимым. Анализ корреляционных данных показал, что 85% коэффициентов корреляции достоверны. Из них 18% характеризуются сильной положительной связью (r = 0,77-0,98). Так, сумма ионов тесно

связана с основными составными частями минерального состава воды: хлоридами ( $r=0,93$ ), сульфатами ( $r=0,83$ ), суммой катионов натрия и калия ( $r=0,98$ ), жесткостью воды ( $r=0,77$ ) и содержанием ионов магния ( $r=0,78$ ). Кроме этого, хлориды находятся в сильной положительной связи с жесткостью ( $r=0,84$ ), магнием ( $r=0,83$ ), суммой ионов натрия и калия ( $r=0,89$ ). Сульфаты находятся в сильной положительной связи с суммой ионов натрия и калия ( $r=0,83$ ). Между жесткостью и магнием существует сильная положительная связь ( $r=0,98$ ). Если для минерального состава воды полученные корреляционные отношения вполне очевидны, то для показателя кислотности среды были получены интересные данные по умеренной положительной связи с карбонатами ( $r=0,54$ ) и слабой положительной связи с гидрокарбонатами ( $r=0,16$ ). Со всеми остальными анализируемыми элементами химического состава связь отрицательная. Показатели органического загрязнения рапы озер (БПК<sub>5</sub> и ПО) имеют умеренную положительную связь с анализируемыми химическими компонентами воды, за исключением рН и карбонатов, с которыми связь слабая или умеренно отрицательная ( $r$  от  $-0,13$  до  $-0,29$ ). Между БПК<sub>5</sub> и ПО связь умеренная положительная ( $r=0,56$ ).

#### 4.5.2 Химический состав воды отдельных озер

Анализ гидрохимического состава по отдельным озерам был проведен на 24 озерах, расположенных на территории России от Крыма до Саян. Выбор анализируемых озер вызван как с их значимостью в промысле цист артемии, так и с необычностью их химического состава. В анализе использованы собственные данные, а также привлечены литературные источники.

Абсолютное большинство анализируемых озер имеет хлоридный класс; к типичным сульфатным озерам (**Приложение 9.1**), где концентрация сульфатов в основном преобладает, относятся озера Эбейты (Омская область), Островное (Новосибирская область), два озера из Хакасии (Тус и Первомайское) и Чедер (Тыва). Эти озера отличаются наличием в воде значительного содержания легкорастворимых солей, которые кристаллизуются при охлаждении рапы в осенне-зимний период и выпадают в осадок при испарении воды летом. Карбонатные артемиевые озера встречаются единично. К ним относятся озера системы Танатар и озеро Петухово в Алтайском крае.

Рапа большинства озер имеет слабощелочную реакцию среды (рН 7,8-8,4). В озерах Сиверга, Кулундинское, Первомайское и Чедер реакция среды щелочная (рН 8,5-9,3) и два озера (Петухово и Танатар) имели сильнощелочную реакцию среды (рН 9,8).

Во всех озерах содержание гидрокарбонатов преобладало над карбонатами, за исключением Петухово и Танатар, в рапе которых концентрация карбонатов была выше в 2,3-2,4 раза, а в пересчете на мг-эквиваленты – выше в 4,7-4,8 раз.

Рапа артемиевых озер характеризуется очень жесткой водой. Так, средние значения жесткости воды большинства озер были в пределах 323-1419 мг-экв./л, в двух озерах (Чеддер и Первомайское) – 200 мг-экв./л. Исключение составили мягкая вода в озерах Петухово и Танатар.

В катионном составе воды всех рассматриваемых озер преобладали катионы натрия. По классификации О.А. Алекина [4], I тип воды был отмечен в двух озерах (Петухово и Танатар), II тип – в воде 7 озер, III тип - в остальных 15 озерах.

Максимальная концентрация хлоридных анионов в отдельные годы в некоторых озерах достигала величин 160-180 г/л (Б. Медвежье, М. Медвежье, Сорочье, Эбейты, Рождественка, Островное, Кучукское, Малиновое, Дус-Холь). Максимальная концентрация сульфатных анионов (130-140 г/л) в отдельные годы наблюдалась в озерах Сорочье, Эбейты, Островное. Карбонатные и гидрокарбонатные ионы, по сравнению с другими анионами, имеют незначительные концентрации. Эти ионы в концентрации 1,5-2,0 г/л встречались в отдельные годы в озерах Сиверга, Островное, Кулундинское, Малиновое, Тус, Дус-Холь. Исключение составили высокие показатели в озерах Петухово и Танатар. В катионном составе озерной рапы преобладают ионы натрия и калия, суммарная их концентрация в отдельные годы достигала 130 г/л (Малиновое) и даже 160 г/л (Эбейты). Магний занимает вторую позицию в катионном составе рапы озер. Максимальные концентрации магния (20-27 г/л) были отмечены в озерах Б. Медвежье, М. Медвежье, Сорочье, Рождественка, Островное. Содержание ионов кальция в некоторых озерах достигало 3,3-4,8 г/л (Б. Медвежье, М. Медвежье, Б.Яровое). Из-за высокого содержания ионов магния, вода является очень жесткой. Наибольшая жесткость (4424-9980 моль/дм<sup>3</sup> экв) отмечена в засушливые годы в озерах Б.Медвежье, М.Медвежье, Сорочье.

Средние значения солености воды в озерах были в пределах от 51 до 336 г/дм<sup>3</sup>. Большая часть озер (78%) имели соленость, благоприятную для развития артемии (70-230 г/дм<sup>3</sup>). Два озера (Петухово и Танатар) имели соленость ниже 70 г/дм<sup>3</sup>; три озера - выше 230 г/дм<sup>3</sup> (см. Приложение 9.1).

Средние показатели биохимического потребления кислорода в течение 5 сут (БПК<sub>5</sub>) были в анализируемых водоемах в пределах от 2,7 (оз. Дус-Холь) до 38,6 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (оз. Островное). Средние показатели перманганатной окисляемости воды, характеризующей

содержание легкоокисляемого органического вещества, были в пределах от 33,8 (оз. Тус) до 91,0 мг/дм<sup>3</sup> (залив Сиваш и оз. Островное).

На рис. 46 представлена схема химического состава воды 40 озер, расположенных в Западной и Восточной Сибири. В озерной рапе большинства озер хлоридные анионы доминируют. Их концентрация на порядок превышает содержание сульфатных анионов, которые находятся на второй позиции в анионном составе. Карбонатные и гидрокарбонатные ионы, по сравнению с другими анионами, имеют незначительные концентрации. В катионном составе озерной рапы преобладают ионы натрия. Магний занимает вторую позицию в катионном составе рапы озер. Содержание ионов кальция, являющихся необходимым элементом жизнедеятельности ракообразных, в воде большинства артемиевых озер находится на достаточно высоком уровне и не лимитирует их потребности.

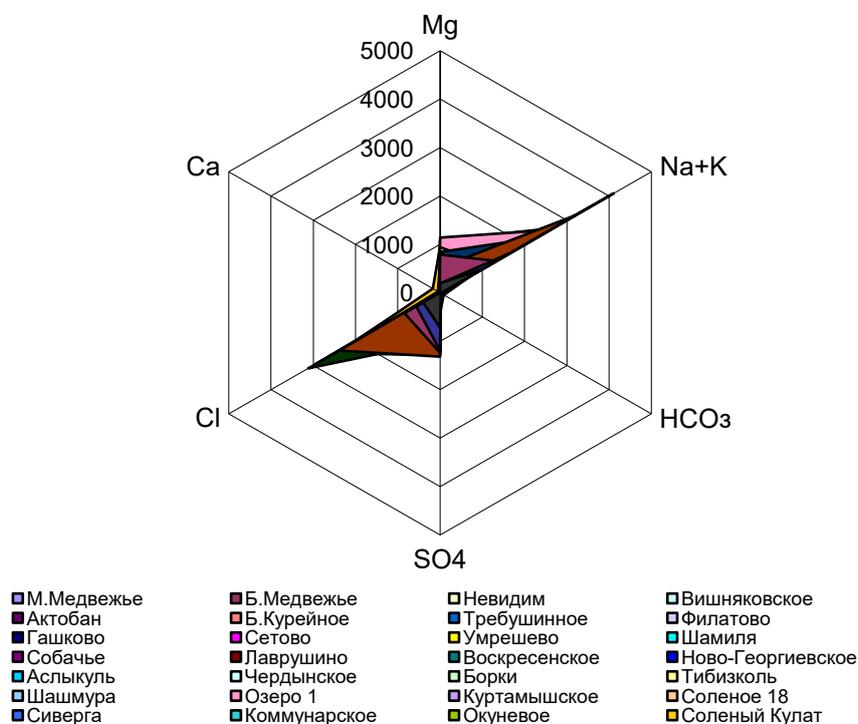


Рис. 46. Схематическое изображение ионного состава воды 40 озер (в мг-экв./л) (по Литвиненко, 2007 [152])

Таким образом, анализ гидрохимического состава артемиевых озер как в целом по всему массиву данных, так и по отдельным озерам свидетельствует о преобладании хлоридно-натриевого состава воды в озерах, ее высокой жесткости, за счет ионов магния, слабощелочной реакции среды, высоком содержании органических веществ. По гидрохимическому составу рапа озер абсолютного большинства озер принадлежит к хлоридному классу натриевой группы, третьему типу. По составу ионов рассолы артемиевых озер подразделяются на три класса: хлоридные (преобладают соли NaCl, MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>);

сульфатные (с высоким содержанием сернокислых солей Na и Mg); карбонатные (содовые с относительно высокой концентрацией  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{CO}_3^{2-}$ ). К первому классу относятся рассолы большинства артемиевых озер, в том числе, самых крупных озер региона: Большое и Малое Яровое, Кулундинское, Медвежье, Карачи. Сульфатные озера составляют не более 3-5 % от всех артемиевых озер. К типичным сульфатным озерам принадлежат Мормышанское, Эбейты, Соленое (Куртамышское), Кучукское. Карбонатные артемиевые озера встречаются единично. К ним относятся озера системы Танатар и озеро Петуховское в Алтайском крае. Преобладание хлористых озер и небольшая доля содовых была отмечена также в более ранних исследованиях (1931-1933 гг.) Кулундинской степи Б.Л. Исаченко [118]. По классификации О.А. Алекина [5], вода большинства исследованных артемиевых озер имеет натриевую группу, по соотношению ионов – III тип ( $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}, \text{Cl}^- > \text{Na}^+$ ). Несколько озер имеет II тип воды, который часто меняется на III и наоборот. Единичные озера имеют I тип (озеро Малое Горькое - Борки). Вода озер обладает высокой жесткостью, связанной в основном с присутствием магниевых катионов. Содержание ионов кальция, являющихся жизненно-важным элементом для ракообразных, в воде большинства артемиевых озер находится на достаточно высоком уровне и не лимитирует их потребности. Кислотность озерной рапы большинства водоемов слабо-щелочная ( $\text{pH} = 7,5-8,5$ ). Вода озер содержит большое количество органических веществ. Так, величина перманганатной окисляемости, как правило, находится в пределах от 20 до 70 мгО/л, в отдельных случаях достигает 164 мгО/л.

Результаты кластерного анализа средних показателей гидрохимического состава воды артемиевых озер, представленных в **Приложении 9.2** показаны на рис. 47. Озера Малиновое и Кучукское, как самые соленые сформировали отдельный кластер А. Остальные озера разбились на два подкластера Б1 и Б2. В подкластер Б1 вошли озера относительно менее соленые, расположенные на территории от Урала до Саян; в подкластер Б2 вошли водоемы с более широкой географией от Крыма до Саян, причем в этом подкластере были сгруппированы очень соленые озера Курганской, Омской и Новосибирской областей и отдельно озера Сватиково (Тува), относительно глубоководное озеро Б.Яровое (Алтай) и залив Сиваш (Крым).

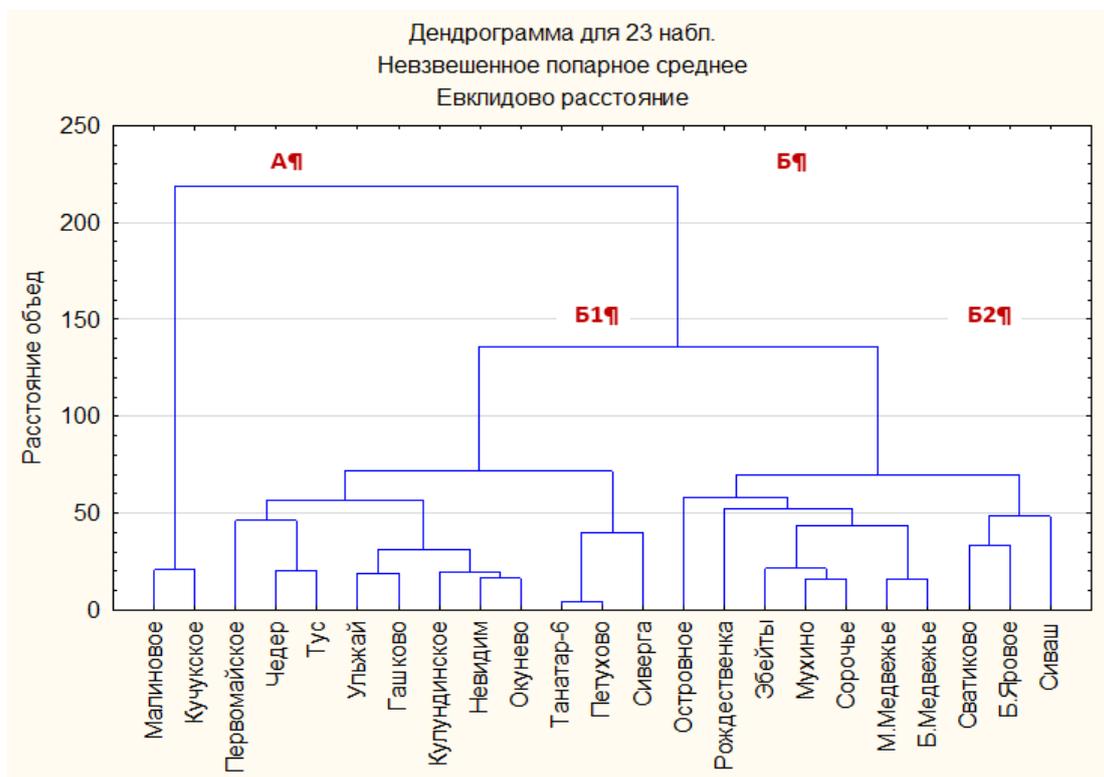
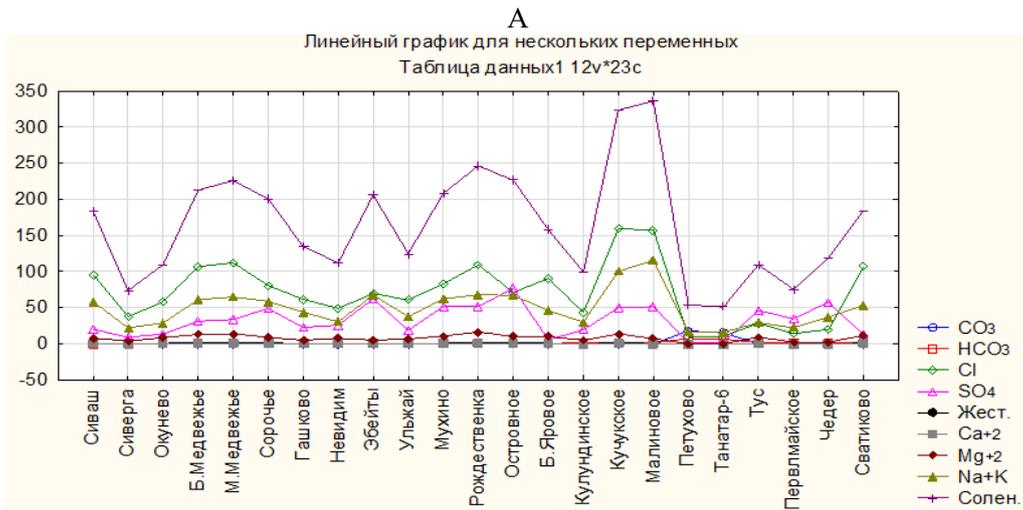


Рис. 47. Дендрограмма средних значений химического состава воды артемиевых озер

Анализ изменений химического состава воды в артемиевых озерах в направлении с запада на восток, приведенный на рис. 48А, свидетельствует о том, что из рассматриваемых нами артемиевых водоемов наиболее и наименее соленые расположены в Алтайском крае. Озера Тюменской области и Хакасии характеризуются пониженной соленостью. В остальных регионах (Курганская, Омская, Новосибирская области, Тыва) представлены озера как с пониженной, так и повышенной соленостью. Вода залива Сиваш в этом ряду принадлежит к среднесоленым водоемам. В озерах с запада на восток в основном преобладают хлориды (исключение озера Эбейты и Островное). В восточной части ареала наблюдается преобладание сульфатов. С продвижением с запада на восток кислотность среды (рис. 48Б) относительно стабильно колеблется в пределах 7,9-8,8 ед., повышаясь до 9 и выше в некоторых водоемах Алтая, Хакасии и Тывы. Содержание карбонатов и гидрокарбонатов также в основном низкое и повышается только в некоторых водоемах Алтая, Хакасии и Тывы. Жесткость воды и содержание магния в воде на всей территории значительно колеблется в пределах 300-1400 мг-экв./л и 3-16 г/л соответственно и лишь в двух озерах (Петухово и Танатар-б) жесткость опускается до 1-3 мг-эк.в/л, а содержание магния - до 7-31 мг/л.



Запад -> -> -> -> -> Восток  
 Крым Тюмень Курган Омск Новосибирск Алтай Хакасия Тува

Рис. 48. Химический состав воды артемиевых водоемов на территории России по направлению с запада на восток

Анализ содержания органического вещества в воде озер с запада на восток (рис. 48В) показал, что перманганатная окисляемость в основном находится в пределах 50-70 мгО/л и при этом имеет тенденцию снижения значений с запада на восток. Значения БПК<sub>5</sub> в основном было ниже 20 мгО<sub>2</sub>/л и лишь в двух озерах Островное и Гашково эти показатели были выше, закономерностей с продвижением с запада на восток не обнаружено.

Содержание биогенных элементов в артемиевых озерах в большинстве случаев было незначительным и колебалось от аналитического нуля до сотых – десятых долей мг/л, лишь в некоторых случаях достигало концентрации 1 мг/л и выше. Концентрация азота нитритов, как правило, была на уровне тысячных и сотых долей мгN/л. Содержание нитратного азота, основного источника биогенов для растений, в большинстве проб было на уровне сотых и десятых долей мгN/л и находилось в пределах от 0 до 0,35 мгN/л. Фосфаты имели в воде минеральных озер концентрации от 0 мг/л до 4,4 мг/л. В большинстве озер их содержание не превышало десятых долей мгP/л. Общее железо было в пределах от 0,01 до 2,5 мг/л [152].

Таким образом, гидрохимия артемиевых озер значительно различается. При этом живые рачки артемии встречены в озерах при солености от 30 до 320 г/л. При солености менее 30 и более 320 г/л популяция артемии сохраняется в водоеме в виде цист.

#### 4.5.3. Сезонные колебания некоторых показателей химического состава воды в артемиевых водоемах

Значительные колебания химического состава воды в течение года продемонстрированы на графике (рис. 49), построенном по отклонениям от среднесезонных показателей солености в пяти модельных мелководных озерах Западной Сибири, исследованных в течение 3-х лет с регулярностью не менее 1 обследования в месяц. Из графика видно, что соленость в апреле (в период вылупления науплиусов артемии) снижается более чем в 3 раза. Такое значительное распреснение воды в период таяния снега сопровождается увеличением глубины озер и их акватории.

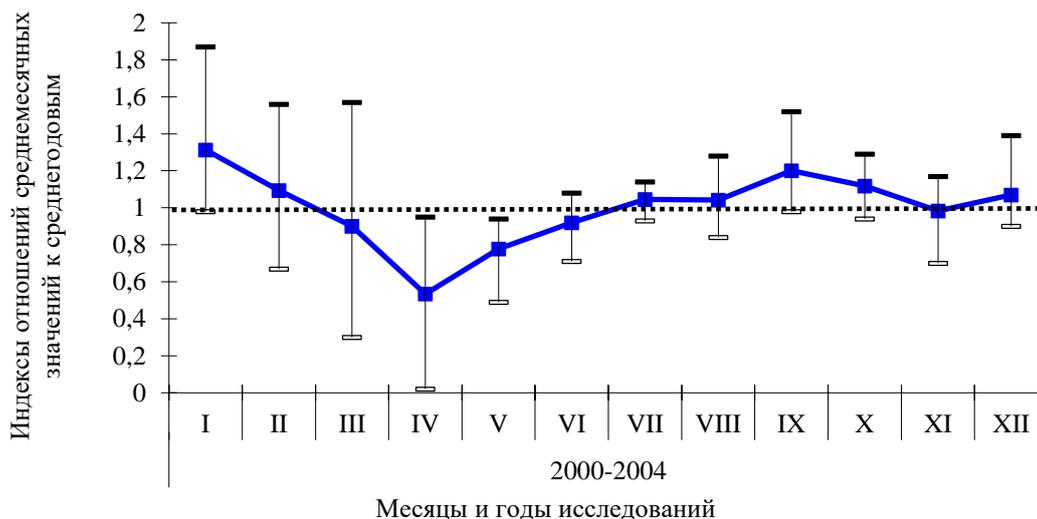


Рис. 49. Изменение солёности воды в течение года относительно среднесезонного значения (по данным мониторинга 2000-2004 гг. на 6 озерах) (по Литвиненко, 2007 [152])

Снижение солёности воды в апреле-мае зарегистрировано также в самом большом по площади озере Кулундинское (Алтайский край). Согласно литературным данным [53, 56], среднемноголетние (2000-2017 гг.) значения солёности в апреле-мае, составляющие 93 г/л, были в 1,3 и в 1,4 раз ниже, чем в июне-августе и сентябре-октябре соответственно.

В водоемах Крыма солёность рапы и её плотность увеличивались летом, достигая максимальных значений в июне и июле и минимума в октябре и с января по апрель (рис. 50).

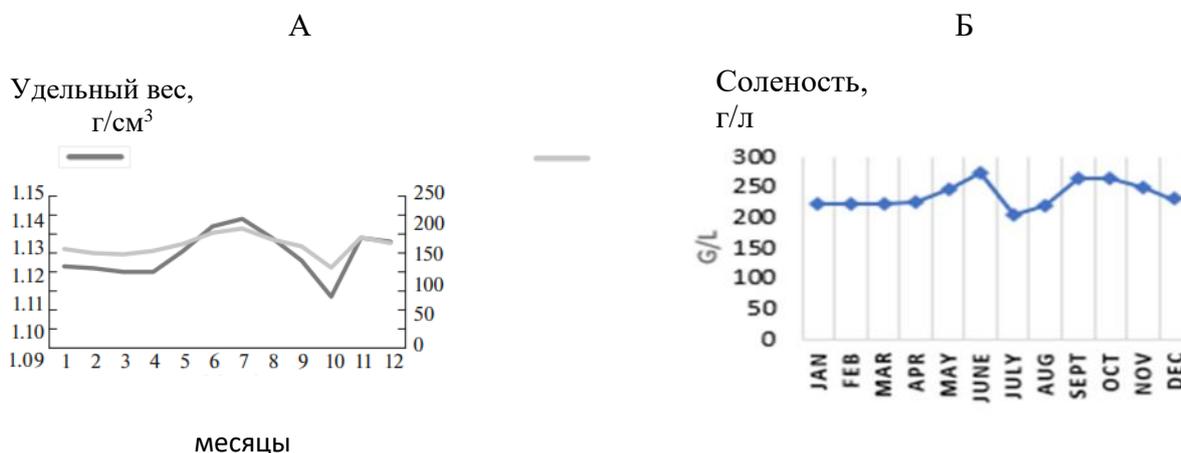


Рис. 50. Сезонные изменения солёности рапы и плотности воды в Восточном бассейне Сакского озера: А - в 2019 г.; Б – в 2022 г. (по Rudneva et al., 2023 [476, 477])

Представленная динамика имеет некоторое сходство с годовой солёностью в озерах Западной Сибири (максимум солёности в летнее время). Минимальные значения солёности, которые в озерах Западной Сибири приходятся на период таяния снега (апрель), в озерах

Крыма отмечаются с января по апрель и имеют более растянутый период. Минимальные показатели солености в октябре возможно связаны с осадками.

В гипергалинных водоемах соотношение минеральных солей меняется в разные периоды года. Так, согласно литературным данным [196], в озере Медвежье соотношение ионов в теплый период года выражается формулой:



Na 70 Mg 30.

В зимнее время, из-за осаждения мирабилита, концентрация сульфатов снижается, и формула приобретает следующий вид:



Na 77 Mg 22.

Изучение изменчивости активной реакции среды (рис. 51) в рапе западносибирских озер в годовом аспекте показало, что минимальные значения pH наблюдаются в апреле – в период наибольшего распреснения воды в период таяния снега, средние показатели – в зимнее время, максимальные - в летне-осеннее время. При колебаниях значений pH в пределах от 7,0 до 8,5, средние значения находились в коридоре 7,8-8,2.

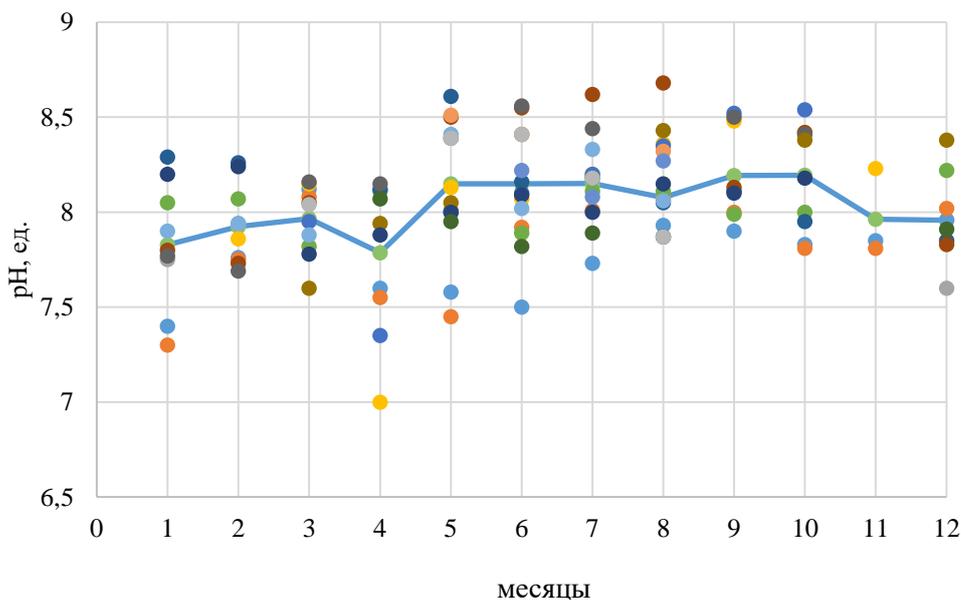


Рис. 51. Сезонная изменчивость pH на примере 6 модельных озер Западной Сибири в период 2000-2004 гг.

Согласно литературным данным [476, 477] в динамике сезонных значений pH в озере Сакское (Крым) минимумы наблюдались в августе в 2019 г. и в марте в 2022 г., максимумы – в осенний период (сентябрь-октябрь) (рис. 52).

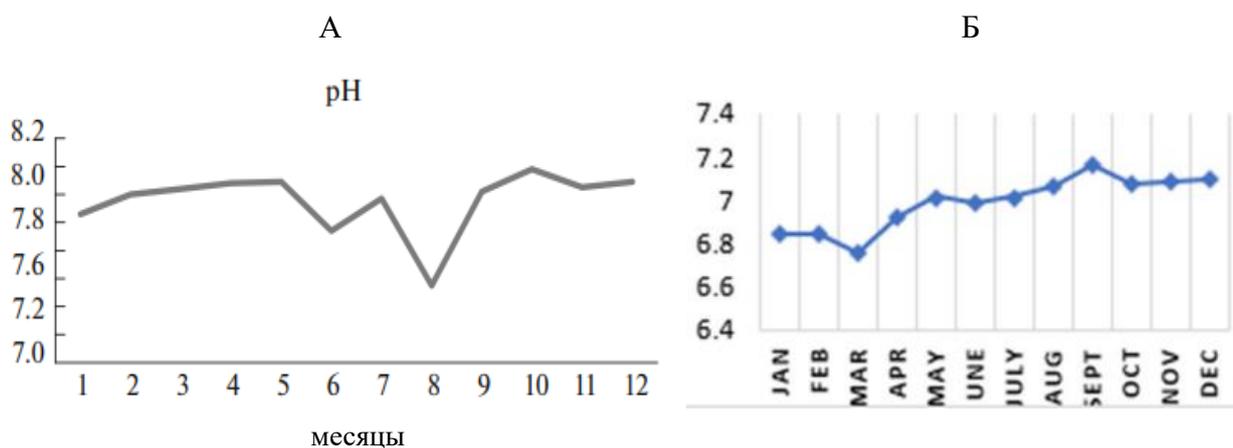
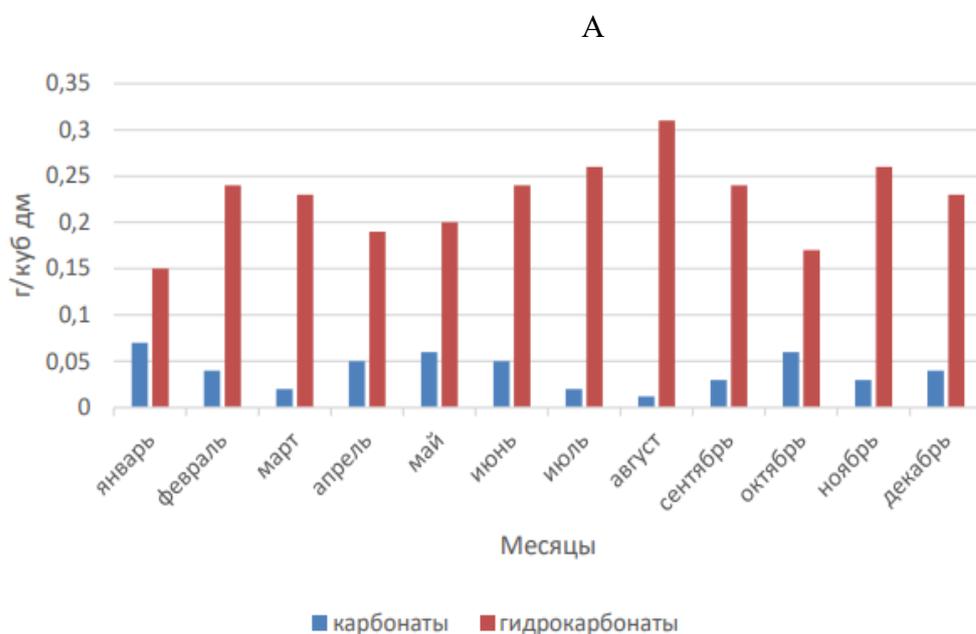


Рис. 52. Сезонная динамика рН рапы Восточного бассейна Сакского озера: А - в 2019 г., Б – в 2022 г. (по Rudneva et al., 2023 [476, 477])

Сезонная изменчивость в содержании карбонатов и гидрокарбонатов, а также их соотношения в рапе Восточного бассейна Сакского озера, представленная на рис. 53, свидетельствует о влиянии климатических факторов и жизнедеятельности гидробионтов на эти показатели. Содержание карбонатов в рапе при увеличении температуры и снижении количества атмосферных осадков возрастало летом в результате интенсивного испарения и уменьшалось в холодное время [229].



**Б**

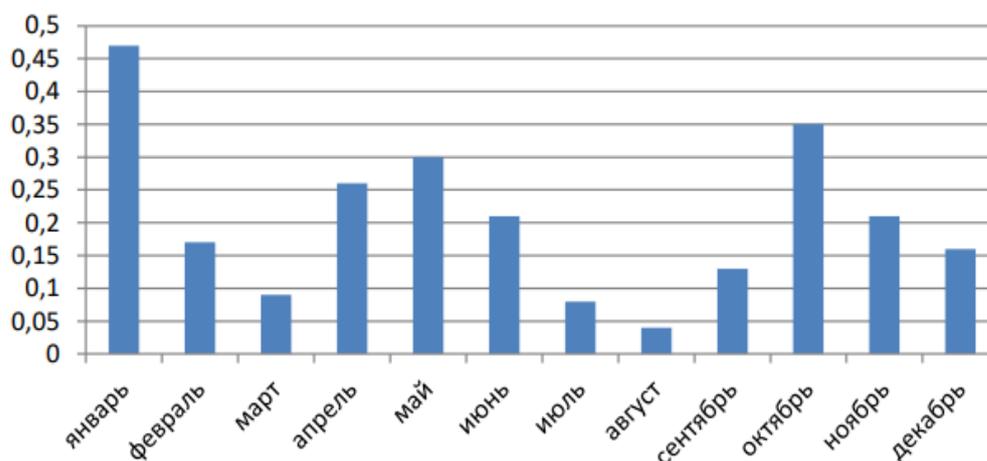


Рис. 53. Сезонная изменчивость в рапе Восточного бассейна Сакского озера в 2019 г.: А - содержания карбонатов, Б – соотношения карбонатов и гидрокарбонатов (по Руднева и др., 2022 [229])

#### 4.5.4 Межгодовые колебания солености в артемиевых водоемах

Наряду с внутригодовой флуктуацией солености в гипергалинных водоемах прослеживаются межгодовые колебания, особенно значительные в мелководных озерах (со средней глубиной менее 2 м) и менее значительные – в относительно глубоководных озерах (со средней глубиной от 2 м и более). Такие колебания солености связаны с климатической цикличностью и наличием трансгрессивных и регрессивных фаз водности.

На рис. 54 представлены показатели солености в 13 наиболее изученных мелководных озерах Западной Сибири, расположенных на территории Челябинской (Соленый Кулат), Тюменской (Сиверга и Окунево), Курганской (Б.Медвежье, М.Медвежье, Невидим, Сорочье, Б.Курейное, Требушинное, Филатово, Ново-Георгиевское) и Омской областей (Ульжай и Эбейты).

На графике отчетливо видны маловодные годы (годы с высокой соленостью): 2000, 2010-2012 гг., с высокой водностью (с низкой соленостью): 2002-2008, 2016-2017 гг. Остальные годы имели промежуточную соленость, их можно отнести к годам средней водности.

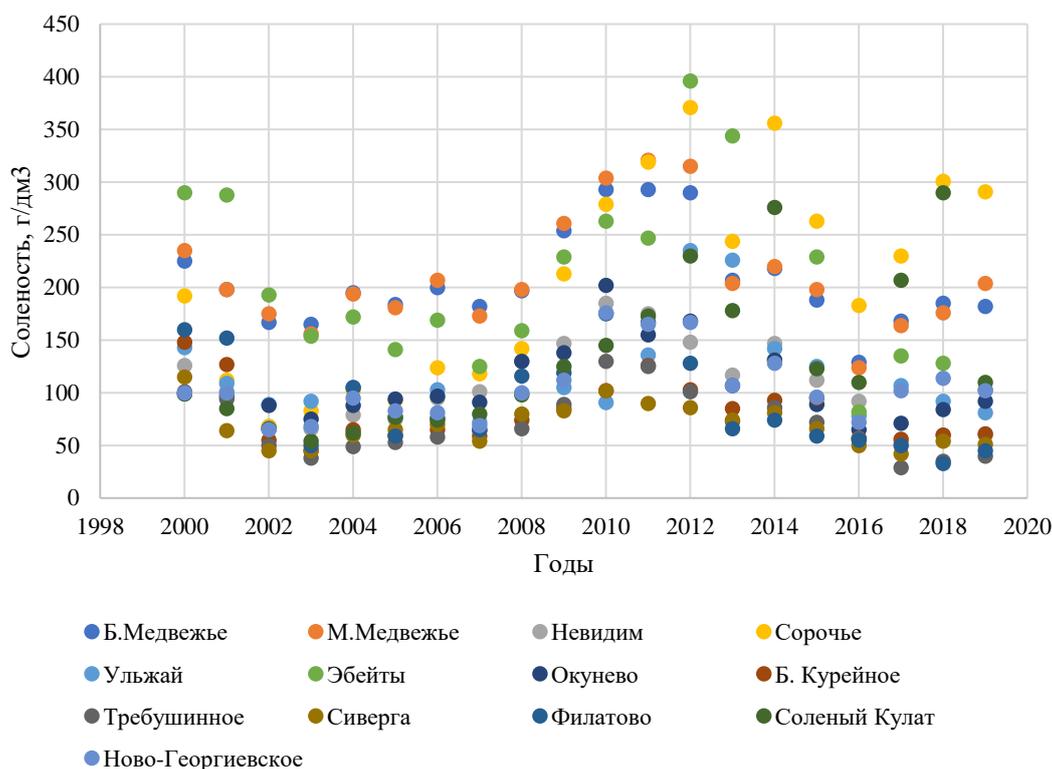


Рис. 54. Соленость в озерах в период 2000-2018 гг.

Таким образом, соленость воды мелководных гипергалинных озер является чутким индикатором водности территории. Основываясь на этом, был разработан метод определения водности по показателям солености воды в летний период [154]. Для этого по каждому озеру были взяты соотношения солености в текущем году к среднемноголетним показателям. К средневодным были отнесены годы с соленостью: средняя $\pm$ 17%, к маловодным – меньше этого показателя, к многоводным – больше. В целом по всем озерам рассматриваемой территории водность года рассчитывали при использовании переводных коэффициентов, которые составляли для многоводных – 3, для средневодных – 2, для маловодных лет – 1. При итоговой средней величине коэффициента водности, равного  $\geq 2,5$  ед. - год относили к многоводному, при  $\leq 1,5$  ед. – к маловодному, остальные – к средневодному.

Этот метод позволил выявить за период 1995-2018 гг. по солености 61 водоема Челябинской, Курганской, Тюменской, Омской и Новосибирской областей (**Приложение 10**), расположение которых представлено на карте (см. **Приложение 6А**), следующие периоды водности [157]:

- маловодные годы - 1998, 2009, 2010, 2011, 2012 гг.,
- средневодные - 1997, 1999, 2000, 2001, 2004, 2008, 2013, 2014, 2015, 2018 гг.;
- многоводные - 1995, 1996, 2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 2016, 2017 гг.

В **Приложении 10** представлены данные солености в исследованных озерах в период 1995- 2018 гг., которые находились в диапазоне 25-425 г/дм<sup>3</sup> (в среднем 141,4±3,6, C<sub>v</sub> =56%, n=491). Разным цветом выделены многоводные (черным), средневодные (серым) и маловодные (белым) годы. Из этих данных видно, что даже в пределах одной области в один год могут наблюдаться локальные микроклиматы. В целом для территории водность рассчитывали суммированием всех имеющихся показателей изменения солености. В период исследований было отмечено несколько фаз водности, алгоритм определения которых дан в **Приложении 10**. Полученные при анализе данные показали наличие некоторой периодичности (рис. 55): повторение многоводных сезонов через 10-13 лет и маловодных - через 14 лет, что близко к выявленным 11-летним циклам солнечной активности [75] и является характерным для водоемов Казахстана и Сибири [141; 144; 282]. Исходя из полученной в исследовании зависимости был дан прогноз на ближайшие годы: снижение водности в ближайшие 6-10 лет. Уравнение прямой, где угловой коэффициент имеет отрицательное значение, свидетельствует о некоторой аридизации климата на исследованной территории за указанный промежуток времени, что соответствует литературным [34; 58; 83; 206] и официальным данным в Докладе об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018- 2022 г.[94-97].

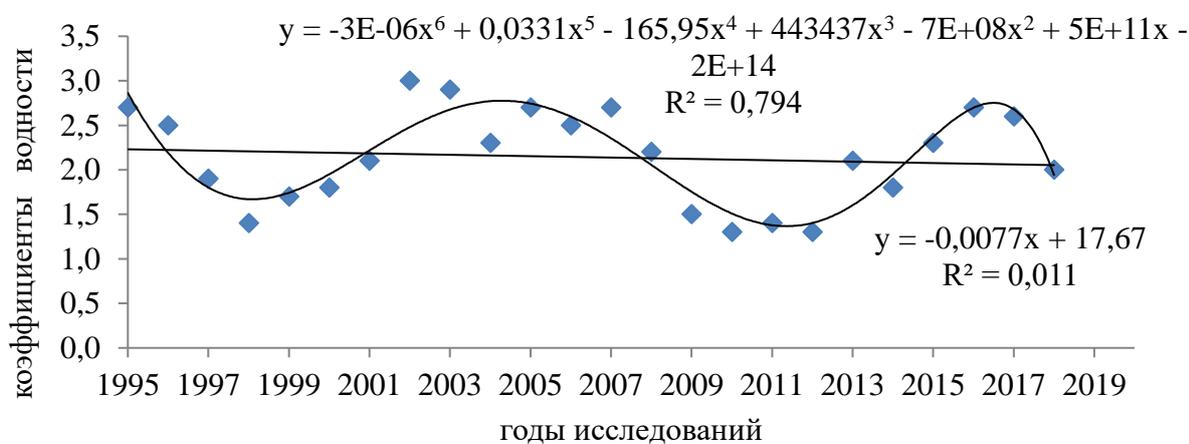


Рис. 55. Динамика водности исследованной территории в период с 1995 по 2018 гг.

Анализ официальных данных за 2018-2022 гг. [94-97] говорит о потеплении климата на всей территории России в целом за период и все сезоны. Однако некоторые отклонения от этой тенденции имеются. Так, на юге Сибири (территории расположения артемиевых озер), зимой в некоторые годы наблюдается область незначительного снижения температуры, а летом отмечен более слабый рост, чем в других регионах. В целом по России растет объем годовых осадков, увеличивается высота снежного покрова, а вместе с ним увеличивается и запасы воды. Вместе с этим увеличивается период вегетации ( $T > 5^{\circ}\text{C}$ ) как растительности, так и

рачков артемии, которые начинают вылупляться при температуре 5°C. Так, по отчетным официальным данным, дата возобновления вегетации (переход через 5°C весной) наблюдалась от 3 до 7 дней ранее среднемноголетних. Исключение составил 2018 г., когда переход через 5°C весной наблюдался на 3 суток позже, чем в среднем за 20 лет (1998-2017 гг.). Продолжительность периода вегетации ( $T > 5^\circ\text{C}$ ) превысила среднемноголетние значения на всей рассматриваемой территории и в среднем по России на 6 дней. Степень засушливости в земледельческой зоне растёт: оценки линейного тренда ГТК за период с мая по август и индекса сухости М.И. Будыко (ИС) за весь тёплый период года ( $T > 5^\circ\text{C}$ ) составляют  $-0.03/10$  лет и  $0.02/10$  лет соответственно. Поскольку земледельческая зона в основном соответствует лесостепной и степной зонам, т.е. территории расположения соленых артемиевых озёр, выделенные в отчете тенденции засушливости вполне относятся и к ареалу артемии в Западной Сибири.

Динамика солёности в относительно глубоководном водоеме Б. Яровое за период 1978-2018 гг., согласно литературным данным [55, 56], имеет сходные черты с мелководными озерами Западной Сибири (рис. 56). Увеличение солёности, соответствующее низкой водности, приходится на период с 2007 по 2013 гг. Снижение солёности в период 2017-2018 гг. является результатом повышенной водности предшествующего периода на рассматриваемой территории. Приведенные данные свидетельствуют о том, что мелководные артемиевые водоемы реагируют на изменение водности сразу. В глубоководных водоемах существенные изменения солёности наступают с задержкой на 1-2 года и имеют пролонгированный эффект на тот же срок.

Анализ данных Л.В. Весниной с соавторами [54, 55, 56] по градусодням и осадкам в трансгрессивные (2000-2005 гг, 2015-2018 гг.) и регрессивные фазы водности (2006-2014 гг.), показал (рис. 57) что, тепловая обеспеченность с апреля по октябрь (вегетационный сезон рачков артемии) в период засух и многоводий мало различается, в отличие от осадков, которые значительно выше в многоводные годы, за исключением июля.

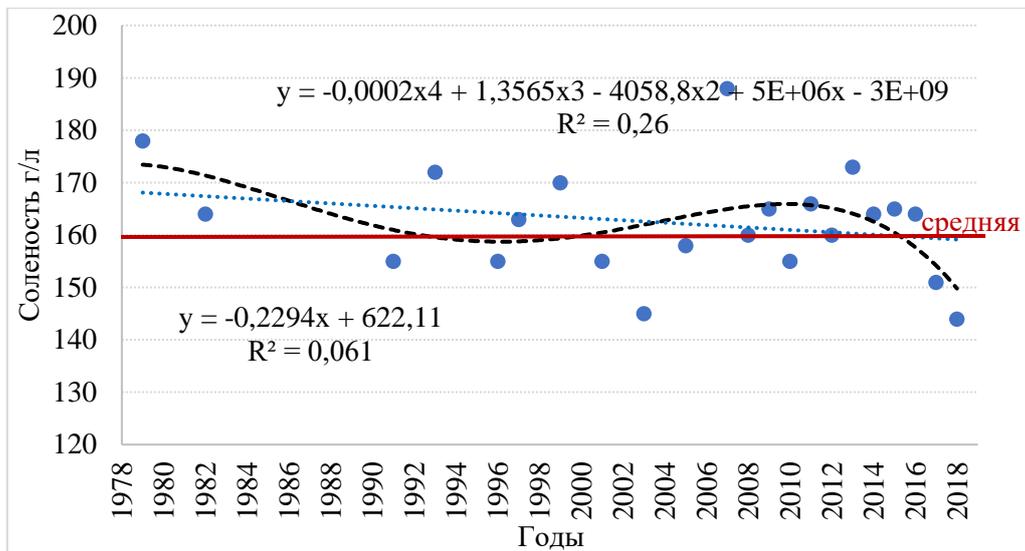


Рис. 56. Многолетняя динамика солености воды в озере Б.Яровое (график построен по литературным данным [55, 56])

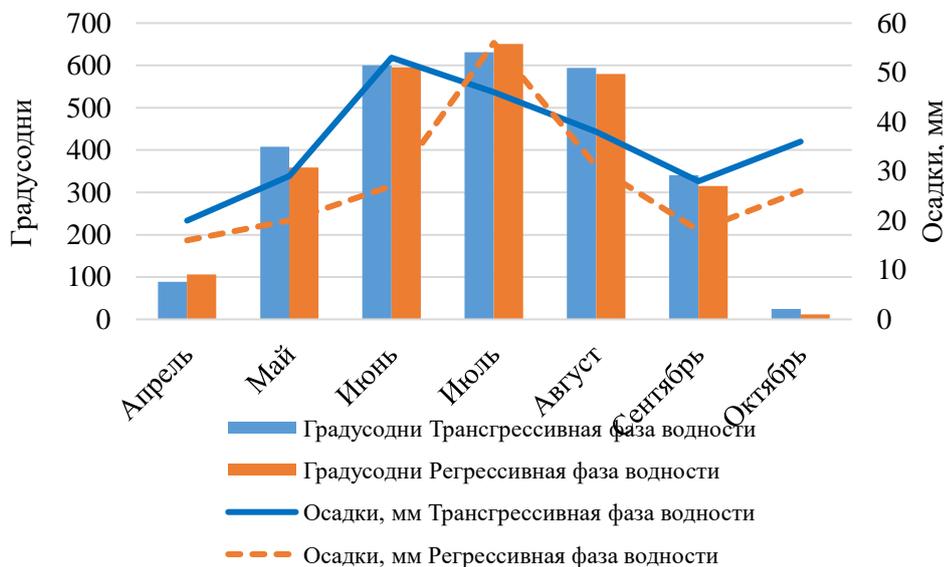


Рис. 57. Динамика среднееголетних показателей количества градусодней с суммой активных температур выше 10,0 °С и суммы осадков за вегетационный период, 2000–2018 гг. (по литературным данным [55, 56])

Таким образом, проведенные нами исследования показали, что соленость воды в мелководных гипергалинных артемиевых озерах является очень чувствительным фактором водности территории и может быть использована наряду с такими показателями, как температура, осадки, индекс сухости М.И. Будыко, гидротермический коэффициент (ГТК) Г.Т. Селянинова и др.

Водно-солевой режим крупнейшего артемиевого водоема Азово-Черноморского региона залива Сиваш определяется географическими особенностями, действием сгонно-нагонных ветров и сезонными осадками. В географическом аспекте соленость воды в целом

возрастает по направлению с востока на запад (в Западном Сиваше) и с севера на юг (в Восточном Сиваше) [62]. Повышению общего осолонения залива Сиваш, наблюдаемого с 2014 г., способствует прекращение подачи воды по Северо-Крымскому каналу (рис. 58). Согласно литературным данным [235], в 2019-2020 гг. соленость в заливе Восточный Сиваш в южной части акватории составила 106 ‰, и этот процесс имеет положительный тренд. В Западном Сиваше аналогичный показатель минерализации отмечен в центральной акватории залива.

Таким образом, многолетняя динамика солености воды в заливе Сиваш, представленная на графике, свидетельствует о влиянии на этот показатель не только природных факторов, но и антропогенных, связанных с прекращением подачи воды по Северо-Крымскому каналу.

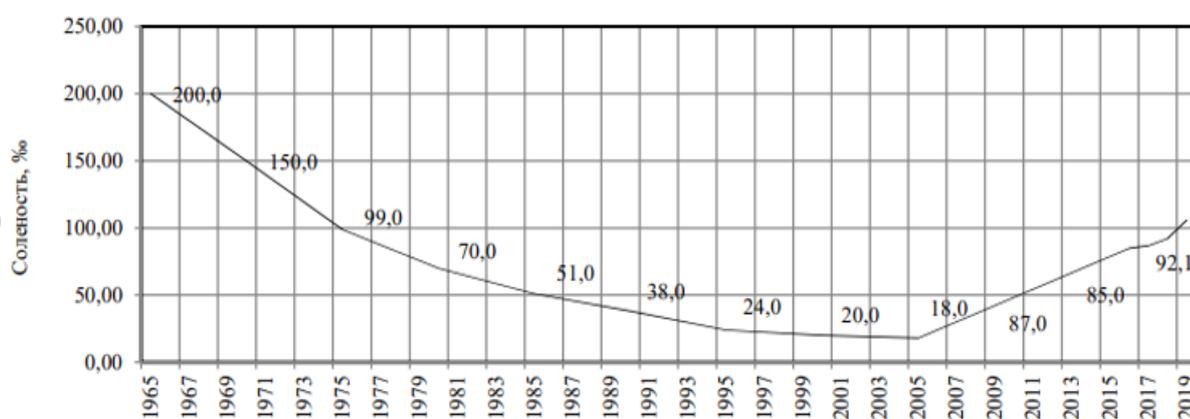


Рис. 58. Динамика солености воды в Восточной части залива Сиваш (по Семик и др., 2020 [235])

#### 4.6 Особенности термического режима артемиевых озер

Климатические особенности территории расположения артемиевых озер в Западной и Средней Сибири связаны с континентальностью, что обуславливает относительно холодную зиму и жаркое засушливое лето. Климат АЧФО более мягкий, в зимнее время температура как правило не опускается ниже 0<sup>0</sup>С.

Гипергалинные мелководные артемиевые озера Западной Сибири отличаются большой амплитудой годовой температуры воды: от минус 15 до +36<sup>0</sup> С (в сумме 51<sup>0</sup> С). В течение вегетационного сезона, который для рачков артемии начинается, как правило, 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 (абсолютный размах: от 4 до 36<sup>0</sup> С). Неблагоприятный период популяция артемии переживает в виде цист. В течение этого периода, который тянется с ноября по март, среднемесячная температура воды находится в пределах от 5,0 до -10,2<sup>0</sup> С. Самая низкая зафиксированная температура отмечена в феврале и январе, соответственно, минус 14 и минус 15<sup>0</sup>С [153]. Согласно литературным данным, в озере Медвежье [196], расположенном в Курганской области, в зимнее время рапа остывает до -19<sup>0</sup>С.

В Западно-Сибирском регионе количество дней с температурой рапы выше 4-5<sup>0</sup>С составляет в среднем 180, в пересчете на градусодни – около 2800-3400, в Крыму - 220-240 суток, с середины марта по середину ноября [66; 180; 226].

Климатические особенности оказывают значительное влияние на температурный режим в водоемах. На рис. 59 показана годовая динамика температуры воды в пяти модельных озерах юга Западной Сибири в течение 2000-2004 гг.; в период с мая по сентябрь использованы дополнительно данные по температуре 27 озер (n=441). Из рисунка видно, что для всех озер в целом период существования рачков артемии, ограниченный нижним температурным пределом (4-5<sup>0</sup>С), длится от середины апреля до конца октября. Период оптимальных для роста и размножения артемии температур приходится на три летних месяца. В 2000 г. температура воды в озерах в июне достигла верхнего предела существования рачков артемии.

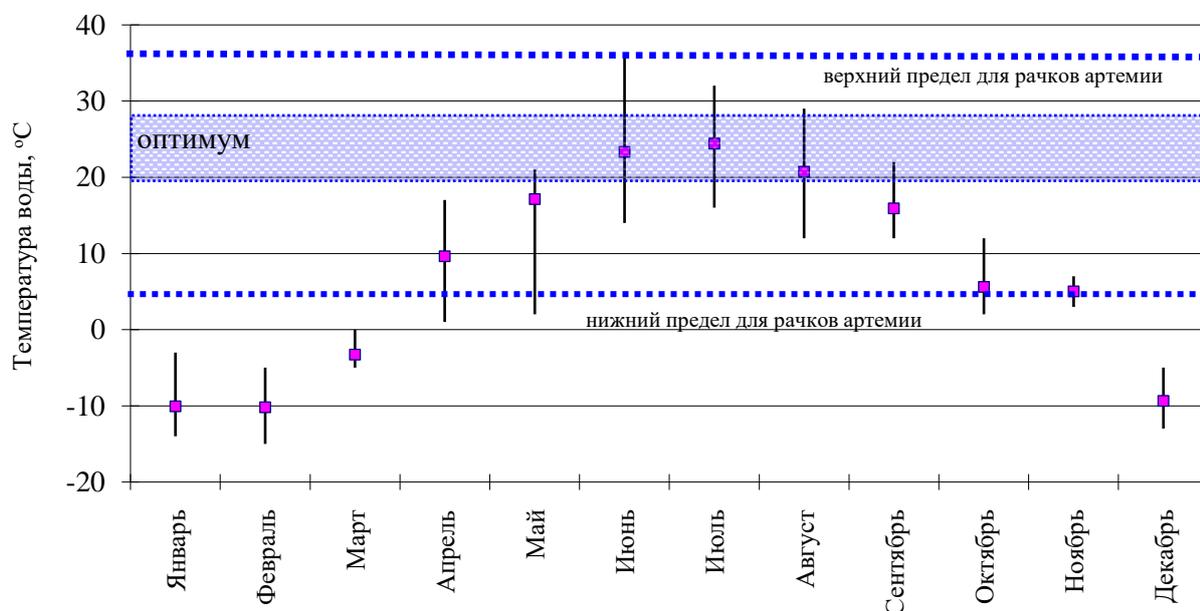


Рис. 59. Годовая динамика среднемесячных значений температуры в исследованных озерах за период с 2000 по 2004 гг. (по Литвиненко и др., 2009 [153])

Среднегодовыи показатели динамики температур воды в период вегетации рачков артемии в озерах Кулундинское [53, 56], Малиновое [223] и Большое Яровое [56; 223] Алтайского края (рис. 60) имели близкие значения с температурами малых мелководных водоемов Западной Сибири.

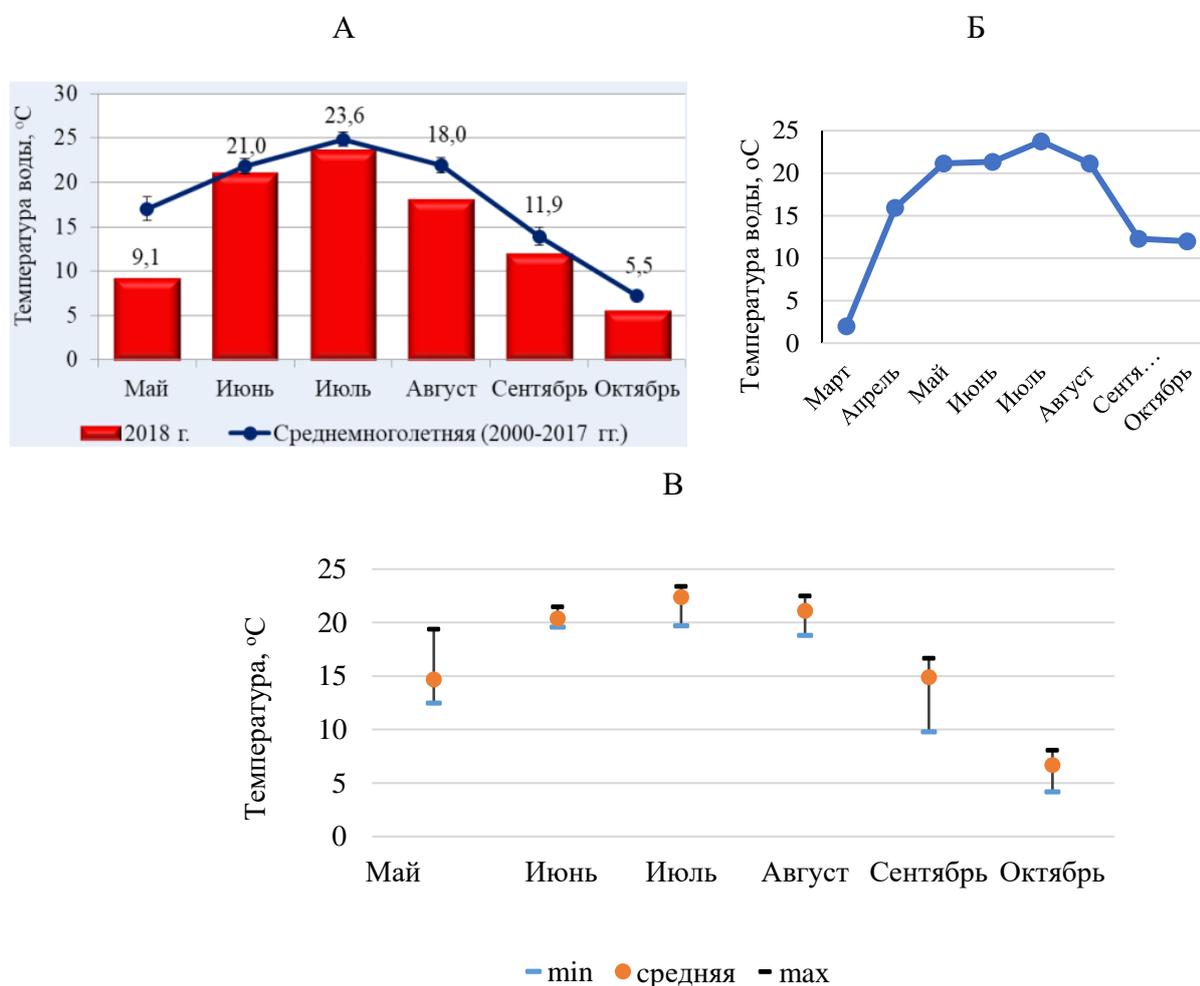


Рис. 60. Сезонная динамика температуры: А- в оз. Кулундинское в 2018 г. в сравнении со среднегодовыими значениями (по Л.В. Веснина [53, 56]); Б – в оз. Малиновое в 2002-2004 гг. и В - в поверхностной рапе оз. Б.Яровое в 2000-2007 гг. (по Т.О. Ронжина, 2009 [223])

В водоемах Крыма [476, 477] с более мягким климатом температура воды в зимнее время положительная. Так в Сакском озере (рис. 61), температура рапы в 2019 г. была максимальной в июне и минимальной в январе, между температурой воздуха и воды отмечена тесная связь ( $r=0,77$ ). В 2022 г. температура была минимальной в марте ( $-0,5^{\circ}\text{C}$ ) и максимальной в июне и августе [477]. Также, как и в 2019 г. была отмечена высокая корреляция между температурой воздуха и воды ( $r = 0,93$ ).

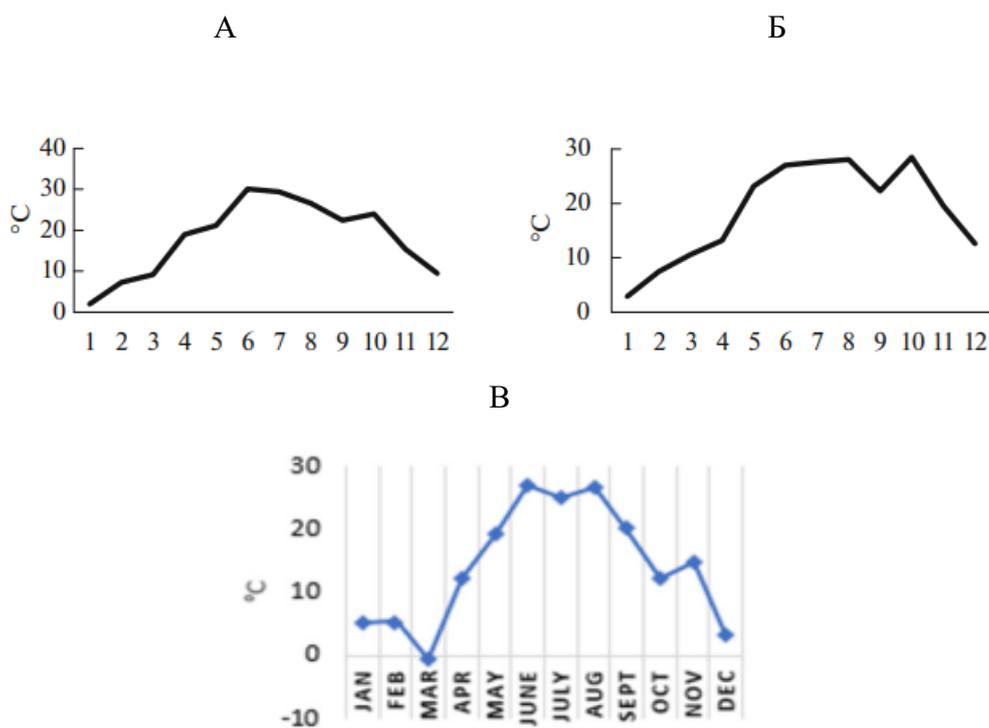


Рис. 61. Годовая динамика температуры воды (А) и воздуха (Б) в восточном бассейне Сакского озера в 2019 г. и температура воды в 2022 г. (В)  
(по Rudneva et al., 2023 [476, 477])

В мелководных озерах, благодаря перемешиваемости воды под действием ветра и волнений, наблюдается гомотермия. В спокойную, безветренную солнечную погоду устанавливается стратификация, при которой верхний слой может отличаться от нижнего на  $5^{\circ}$  и больше. В глубоководном озере Б.Яровое наблюдается четкая стратификация в зависимости от глубины. В исследованиях, проведенных нами в августе 2018 г. на оз.Б.Яровое при температуре поверхностной рапы  $21-23^{\circ}\text{C}$ , температура воды на глубине 6-8 м составила  $2,5-6,0^{\circ}\text{C}$ . При этом температура более мелководных озер, исследованных в тоже время, была выше температуры поверхностной рапы Б.Ярового (Малое Яровое –  $29,1^{\circ}\text{C}$ , Кулундинское –  $26,3^{\circ}\text{C}$ , Кучукское –  $22,3-26,7^{\circ}\text{C}$ ).

Согласно литературным данным за вегетационный период 2002-2018 гг. [55, 56], температура в озере Б.Яровое колебалась от  $2,0$  до  $27,0^{\circ}\text{C}$ , максимальный прогрев при этом приходился на июль. В среднем для озера была отмечена относительно стабильная температура поверхностного слоя воды в течение суток с незначительным минимумом в утренние часы. С увеличением глубины в озере была отмечена температурная стратификация (рис. 62). В придонном слое воды (глубина 8 м) в течение сезона температура воды повышается от  $-1^{\circ}\text{C}$  в мае до  $+8^{\circ}\text{C}$  в июле. Оптимальные для роста и развития артемии температуры ( $20-25^{\circ}\text{C}$ ) в озере Б.Яровое в поверхностном слое воды наблюдаются с июня по август (как и в мелководных озерах), на глубине 2 м – с июля по август, на глубине 4 м –

температура в летний период субоптимальна и находится в пределах 12-18<sup>0</sup>С. В слое воды 6 м с июня по сентябрь температура воды увеличивается от 5 до 12<sup>0</sup>С, что теоретически позволяет вылупляться науплиусам из цист, но недостаточно для их роста и развития.

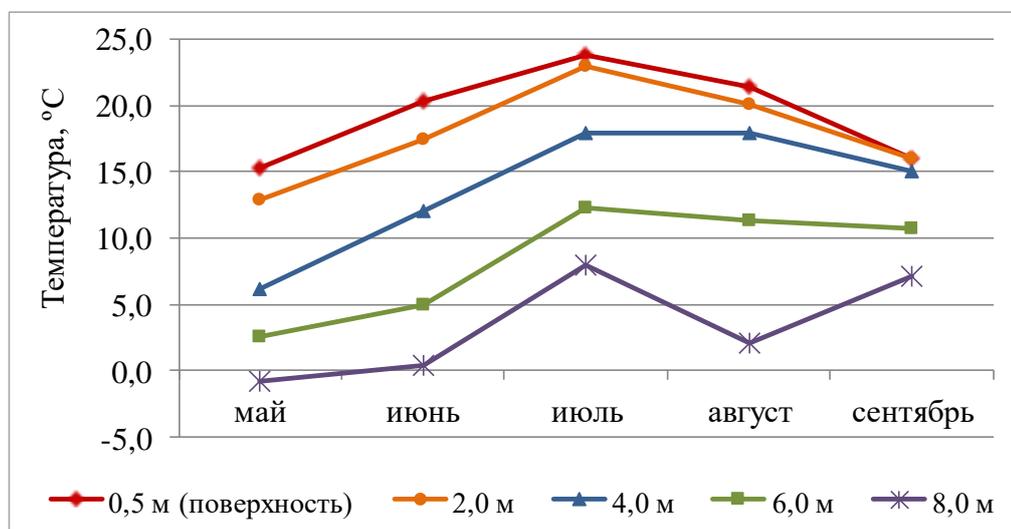


Рис. 62. Сезонные изменения температуры воды на разных глубинах в озере Б.Яровое в среднем за период 2002–2018 гг. (по Веснина и др., 2019 [55])

#### 4.7 Кислородный режим в артемиевых озерах

Содержание растворенного в воде кислорода за весь период наблюдений в 84 озерах сибирского региона (2000-2018 гг.) в вегетационный период было в пределах от 0 до 15 мг/л и в среднем составило  $4,27 \pm 0,10$  мг/л ( $n=793$ ,  $Cv=65\%$ ). При годовом мониторинге содержания растворенного кислорода отмечена его максимальная концентрация в рапе в марте-апреле и минимальная - в июле и в зимние месяцы (рис. 63). В период развития рачков артемии в озерах (с середины апреля по середину октября) концентрация кислорода в основном была в пределах оптимума только весной при вылуплении науплиусов из цист. С мая по июль содержание кислорода опускалось до границы нормального существования рачков артемии (1,5 мг/л), в июне переходило эту границу и было ниже 1,0 мг/л. При низком содержании кислорода рачки приобретали красный цвет, обусловленный повышенным синтезом гемоглобина, что позволяло им выдерживать дефицит кислорода.



Рис. 63. Годовая динамика среднеемесячных значений растворенного в воде озер кислорода за период с 2000 по 2004 гг. (по Литвиненко и др., 2009 [153])

В озере Сакское (Крым), согласно литературным данным [476, 477], в зимнее время наблюдалось относительно высокое содержание кислорода и низкое в летние месяцы (рис. 64).

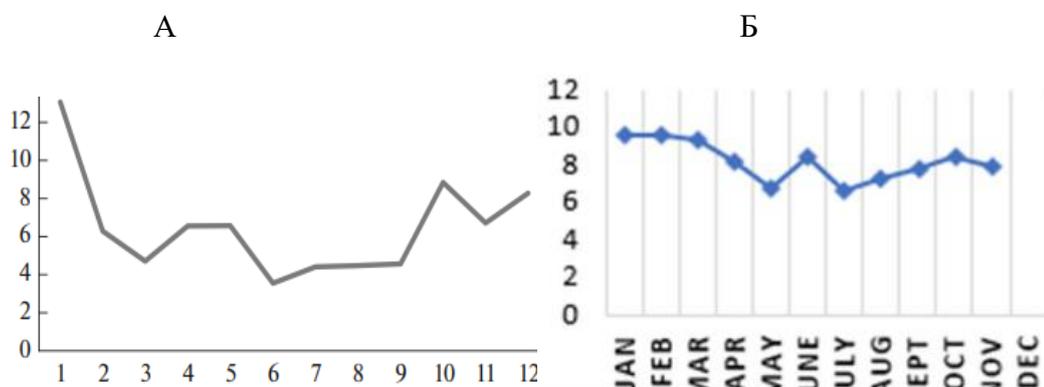


Рис. 64. Сезонные изменения концентрация кислорода в восточной части Сакского озера: А - в 2019 г., Б – в 2022 г. (по Rudneva et al., 2023 [476, 477])

Значительное расхождение в кислородном режиме озер двух регионов в зимнее время объясняется тем, что в Западной Сибири в зимнее время образуется лед, что уменьшает поступление кислорода из атмосферы. Только в очень соленых озерах, где соленость превышает 250 г/л лед либо не образуется, либо имеет очень рыхлую консистенцию.

Согласно литературным данным [81], отсутствие льда в зимний период наблюдалось в Крыму на сильносоленых озерах, что объясняется изменением температуры замерзания в соленых водах: при концентрации солей >50‰ температура замерзания  $-3^{\circ}\text{C}$ , при 100‰ она снижается до  $-7^{\circ}\text{C}$ , при 250‰ снижается до  $-20^{\circ}\text{C}$  [463].

#### 4.8 Грунты артемиевых озер

По донным отложениям артемиевые озера делятся на иловые, самосадочные и корневые. Для иловых характерно отсутствие в отложениях мирабилита, галита и природной соды. Поверхностная и иловая рапа этих озер по концентрации не достигает насыщения ни одним из периодических минералов. К этой группе озер принадлежит большинство исследованных озер. В самосадочных озерах происходит новосадка периодического минерала, появляющегося и вновь растворяющегося в течение одного годового цикла (например, озеро Эбейты). Корневые озера имеют помимо новосадки, еще и отложения старосадки и корневых солей (например, озера Кучукское и Танатар, имеющие корневую залежь, соответственно мирабилита и природной соды).

Гипергалинные биоценозы отличаются от других уникальными свойствами высокой продуктивности и накопления органического вещества, что способствует образованию иловых сульфидных грязей, обладающих лечебными свойствами. Издавна на гипергалинных озерах как России, так и ближнего и дальнего зарубежья проводится организованное лечение иловыми грязями. Материковые грязи из месторождений юга Западной Сибири (Медвежье, Карачи), в отличие от черноморских лиманов, не насыщаются кристаллами гипса, что делает их применение весьма ценным в медицинской практике [2]. В последние годы из-за потери гидрохимического равновесия водной экосистемы озера Медвежье рассолы находятся в состоянии необратимой деградации, что также отражается на запасах грязей [398] и только бережное отношение и рациональное их использование позволят предотвратить снижение их запасов.

#### 4.9 Гидробиология озер (фито-, зоопланктон, зообентос)

##### 4.9.1 Фитопланктон

Согласно собственным данным по озерам Западной Сибири и литературным источникам [45; 47; 49; 63, 64; 90; 115; 153; 173; 174; 175; 182; 183; 191; 195; 230; 232; 259], видовой состав фитопланктона (**Приложение 11**) гипергалинных озер России с соленостью от 70‰ и более насчитывает 235 таксонов, из которых наиболее представлены цианопрокариоты

(83 вида), диатомовые (73 вида) и зеленые (48 видов). Разнообразие других отделов водорослей (рис. 65) значительно ниже (динофитовых – 16, хризифитовых – 7, криптофитовых – 4, эвгленовых – 3, ксантофитовых – 1).

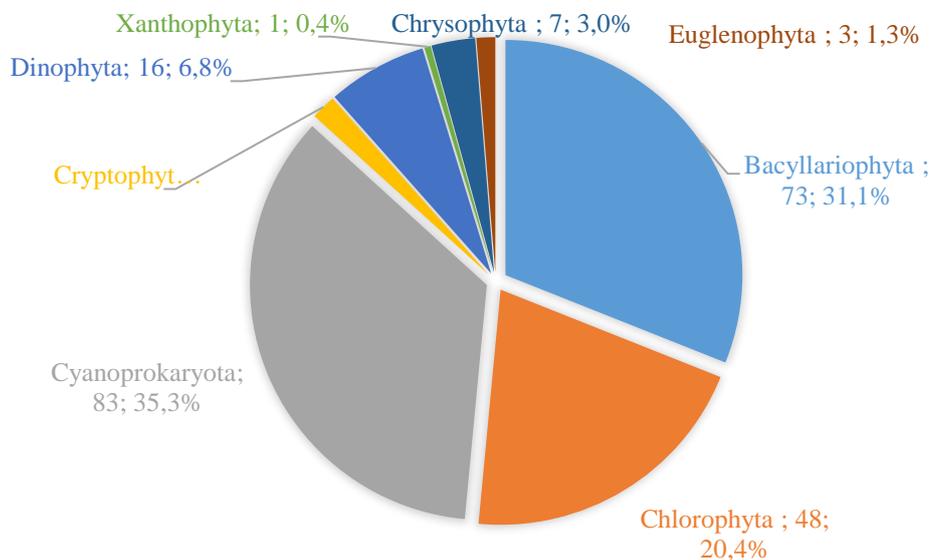


Рис. 65. Таксономическая структура фитопланктона соленых озер России (количество видов, соотношение в %)

Таким образом, три группы водорослей: цианобактерии, диатомовые и зеленые имеют наибольшую представленность. Кривая Виллиса для фитопланктона соленых озер близка к гиперболе (рис. 66) с высоким коэффициентом детерминации ( $R^2 = 0,84$ ), что свидетельствует о достаточной полноте выявленного разнообразия анализируемых озер.

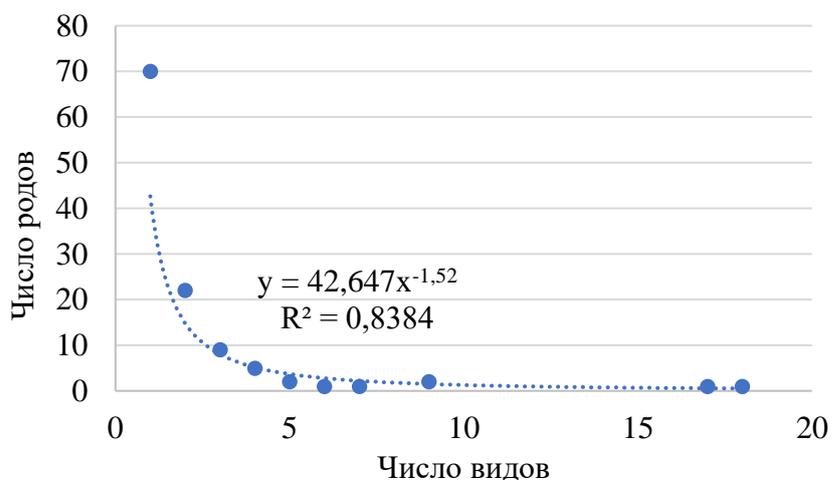


Рис. 66. Зависимость Виллиса для фитопланктона анализируемых соленых озер

Фитопланктон соленых озер представлен 114 родами (34 – Cyanoprokaryota, 31 – Bacillariophyta, 29 – Chlorophyta, 8 – Dinophyta, 7 – Chrysophyta, 2 – Cryptophyta, 2 – Euglenophyta, 1 – Xanthophyta). Самые многочисленно представленные роды диатомовых: *Nitzschia* (18 видов) и *Navicula* (9 видов), роды цианопрокариот: *Oscillatoria* (15 видов) и *Lingbia* (9 таксонов).

Единственный вид *Dunaliella salina* был отмечен в соленых водоемах всех анализируемых территорий. Согласно многочисленным исследованиям [11; 237; 238; 276], виды рода *Dunaliella* при солености 100-360 г/л доминируют в сообществе, достигая (при отсутствии потребителей-фильтраторов) значительной численности - до  $50 \times 10^7$  клеток/м<sup>3</sup> и биомассы - 60 г/м<sup>3</sup>.

50%-ная встречаемость отмечена для видов: *Amphora coffeaeformis*, *Dunaliella viridis*, *Lingbya aestuarii*, *Synechocystis salina*, *Aphanothece salina*. 198 таксонов (84% от всего видового состава) были отмечены лишь в списке водорослей одной анализируемой территории, 30 таксонов (13%) – в двух из 6 территорий.

Таким образом, общих специфических для соленых озер видов для всей рассматриваемой территории не так много. Вероятно, большая часть видов, получившая развитие в соленых водоемах, характерна для определенных территорий.

О низком видовом сходстве фитопланктона гипергалинных водоемов рассматриваемых территорий свидетельствуют и индексы Серенсена (табл. 16), которые находятся в пределах 0,03-0,19.

Таблица 16. Коэффициент сходства видового состава фитопланктона по Серенсену гипергалинных водоемов анализируемых территорий

	Зап.Сибирь	Крым	Калмыкия	Кулунда	Соль-Илецк	Хакассия
Зап. Сибирь						
Крым	0,15					
Калмыкия	0,10	0,05				
Кулунда	0,15	0,08	0,04			
Соль-Илецк	0,19	0,11	0,07	0,09		
Хакассия	0,11	0,07	0,03	0,12	0,11	

В более современной публикации Ю.Н. Косачевой и Е.Ю. Митрофановой [139] дается представление о разнообразии фитопланктона в 11 гипергалинных озерах Алтайского края за период с 2001 по 2021 гг. в общих чертах без списка видового состава. В целом авторами за период исследования выявлено 87 таксонов из 6 систематических отделов: 35 – цианобактерии, 17 – диатомовые, 2 – криптофитовые, 4 – эвгленовые, 26 – зеленые и 3 – охрофитовые. Как и в

представленных выше сведениях по России и Западной Сибири, в озерах Алтайского края наибольшее число обнаруженных видов принадлежит цианобактериям (40%), зеленым (30%) и диатомовым (20%). На остальные группы видов приходится не более 10%.

В соленых озерах, как и в пресных, помимо фитопланктона первичными продуцентами являются водоросли донных пленок и матов, основу которых составляли в основном либо нити цианобактерий, либо зеленых водорослей *Cladophora* sp. и *Ulothrix* sp. В озерах Крыма при солености 60-75‰ отмечены маты, образованные высшими растениями рода *Ruppia* [Самылина, Герасименко, Шадрин, 2010]. В водоемах Алтайского края эдификатором фототрофного сообщества с образованием многолопастных шаров была желтозеленая сифоновая водоросль *Vaucheria* sp. [231]. Видовой состав донных водорослей гипергалинных водоемов и водорослей в составе пленок и матов широко представлен в литературе [190; 231; 232; 238; 276 и др.]. Как правило, основу этих фитоценозов составляют нитчатые цианобактерии (родов *Lyngbia*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Spirulina*), эукариоты и диатомеи. В цианобактериальных био пленках содового озера Танатар VI Алтайского края [232] эдификаторами были нитчатые цианобактерии *Geitlerinema* sp. и *Nodosilinea* sp., а в альго-бактериальных матах озер Петуховское, Горчина, как и в оз. Моно (Северная Америка) – нитчатая эукариотная водоросль *Ctenocladus circinnatus*, среди нитей которой развивались другие фототрофы: хлорофиты *Dunaliella viridis* и *Picocystis salinarum* (ранее идентифицированной как *Chlorella* cf. *minutissima*), диатомеи *Anomeoneis sphaerophora*, *Brachysira brebissonii*, *B. zellensis*, *Mastogloia pusilla* var. *subcapitata*, *Nitzschia amphibia*, *N. cf. communis*, *Nitzschia* sp., динофлагелляты (*Phytodinium simplex*) и эвглениды (*Euglena* sp.). Наиболее массовыми из 73 обнаруженных видов донных диатомовых в соленых озерах Крыма [190] были *Amphora coffeaeformis* (Ag.) Kutz. var. *coffeaeformis*, *Navicula salinarum* Grun., *Mastogloia pumila* (Grun.) Cl.; *Mastogloia lanceolata* Thw., *Mastogloia braunii* Grun.

На наличие цианобактериального мата в зоне периодически заливаемых рапой береговой линии озера Медвежье (Курганская область) указывалось в работе Н.И. Науменко [189]. Основу цианобактериального мата составляли нитчатые сине-зеленые водоросли из порядка Осцилляториевые: *Phormidium dimorphum* Lehm., *Ph. Jadinianum* Gom., *Lyngbya* sp. При этом и в цианобактериальном мате, и в рапе отмечалось присутствие одноклеточной зеленой водоросли *Dunaliella salina*, которая в период массового развития летом окрашивала рапу в красно-розовый оттенок.

Входящие в бактериально-водорослевые маты архебактерии (Archaea, Halobacteriales, Halobacteriaceae) наряду с водорослями составляют дополнительный источник энергии в

экосистемах соленых озер Курганской области в результате процесса фотофосфорилирования [133].

Известно, что роль донных микроводорослей при увеличении солености в озерах более 100 г/л снижается. Так, в статье Е.В. Балушкиной с соавторами [15] показано, что в водоемах Крыма при солености 100‰ первичные продуценты представлены в основном донными макроводорослями, при дальнейшем повышении солености (до 120‰ и более) происходит редукция бентосной трофической цепи и упрощение планктонной. С увеличением солености до 184–340‰ первичные продуценты представлены исключительно водорослями планктона, трофическая планктонная цепь предельно упрощается, в озерах обитает лишь артемия.

#### 4.9.2 Фитопланктон озер Западной Сибири

В экологическом отношении фитопланктон исследованных нами 26 озер Западной Сибири (19 озер в Курганской области, 2 – в Тюменской, 3 – в Челябинской и 2 – в Омской) представлен в основном солоноватоводным комплексом широко распространенных, истинно- и факультативно-планктонных видов, относящихся к  $\beta$ -мезосапробам. Из 58 таксонов, обнаруженных в озерах, планктон каждого водоема насчитывал в целом за сезон от 1 до 15 видов (в среднем  $6,06 \pm 0,31$ ;  $C_v = 41,7$ ;  $n = 64$ ). Индекс видового разнообразия по Шеннону был низким и находился в пределах от 0,11 до 2,7 бит/мг. Основная часть видов встречалась только в 1-2 озерах (встречаемость менее 10%). Только 4 вида (*Amphora coffeaeformis*, *Nitzschia angustata*, *Dunaliella salina*, *Dunaliella viridis*) были встречены во всех озерах, что позволяет отнести эти виды к галобионтам. Высокая встречаемость (78%) отмечена для синезеленой водоросли *Lingbya limnetica*. Такие виды как *Ankyra judayi*, *Schroederia setigera* встречались в каждом втором водоеме, виды: *Nitzschia longissimi*, *Chlamidomonas Reinhardii*, *Spermatosopsis exsultans*, *Synechococcus elongatus* встречались в каждом третьем.

Коэффициенты видового сходства фитопланктона между озерами был в пределах от 0,18 до 0,96 и в среднем для всего массива данных составили  $0,53 \pm 0,01$  ( $n = 478$ ,  $C_v = 24\%$ ). Таким образом, почти половины видового состава водорослей в гипергалинных озерах Западной Сибири имела схожесть.

Кластерный анализ видового состава фитопланктона озер, представленный на рис. 67, свидетельствует о полном сходстве составов озер, соединенных протокой (Б.Медвежье и М.Медвежье), и объединении их в удаленный кластер, что, вероятно, объясняется еще и высокими показателями солености (176-184 г/л). Причина удаленности от остальных сгруппированных кластеров фитопланктона озера Невидим (соленость 103 г/л), возможно, связано с высокими показателями БПК<sub>5</sub>. Для этого озера характерно было наибольшее видовое

разнообразие (25 видов) и преобладание в составе зеленых водорослей. В объединении некоторых озер прослеживается территориальность (Окунево и Сиверга из Тюменской области), других – близкие показатели солености (Вишняковское и Филатово; Ульжай и Б. Курейное; Таузаткуль, Аслыкуль и Сетово; Воскресенское и Умрешево; Собачье, Кулат, Актобан и Карасье).

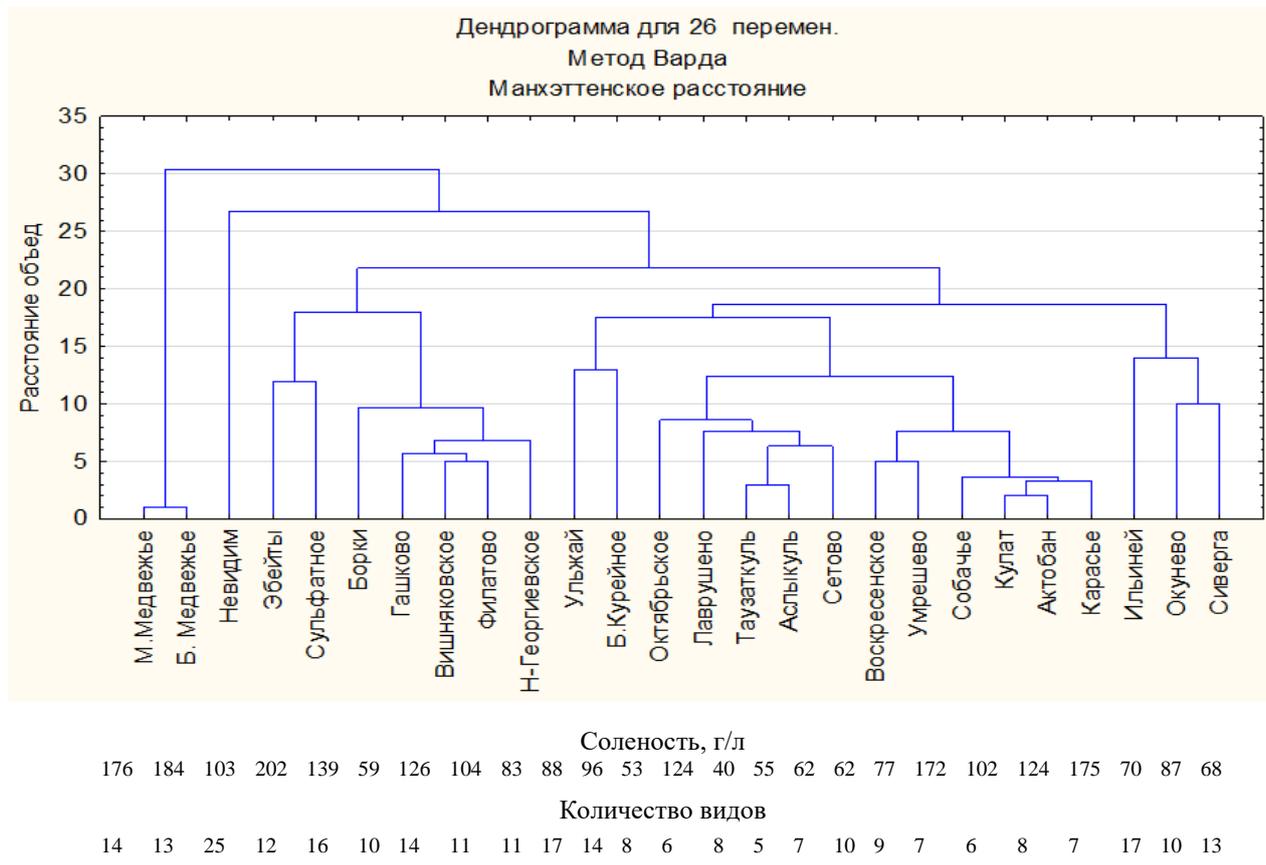


Рис. 67. Дендрограмма видового состава фитопланктона гипергалинных озер Западной Сибири

В фитопланктоне озер в вегетационный сезон по биомассе доминировали зеленые вольвоксовые водоросли из рода *Dunaliella*. Диатомовые водоросли *Nitzshia angustata* и *Amphora coffeaeformis*, как правило, сопутствовали доминантам. Редко среди доминантов были зеленые водоросли: *Schroederia setigera*, *Ankyra judayi*, *Chlamidomonas Reinhardii*, *Korschikoviella gracilipes*, *Spermatozopsis exsultans*, *Cladophora globulina*, синезеленые - *Oscillatoria limosa*, диатомовые - *Amphora coffeaeformis*, *Nitzschia angustata*. Остальные виды встречались единично.

В количественном отношении в фитопланктоне всех озер в основном преобладали зеленые водоросли, второе занимали диатомовые, третье – синезеленые (рис. 68).

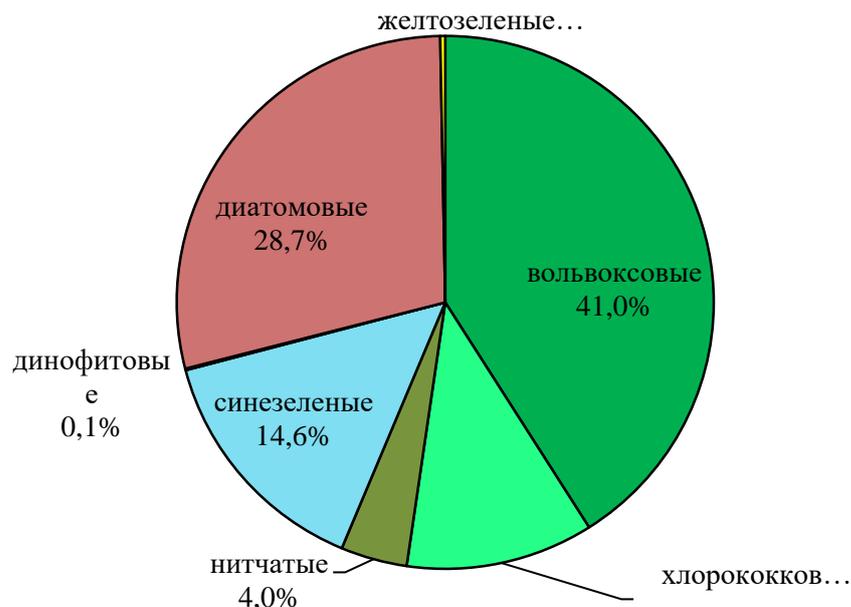


Рис. 68. Процентное соотношение биомасс фитопланктона разных групп в озерах Западной Сибири (по среднегодовым показателям)

За период исследований наблюдаемая биомасса фитопланктона в озерах была в пределах от 0,003 до 13,23 мг/л. Средние за сезон значения биомассы фитопланктона в исследованных озерах находились в пределах от 0,01 до 11,38 мг/л, численности – от 0,02 до 32,29 млн.кл./л. В целом за вегетационный сезон биомасса фитопланктона редко превышала 1 мг/л, что позволяет отнести эти озера к олиготрофным водоемам. Исключение составили только несколько озер, которые по шкале трофности можно отнести к мезотрофным (Ново-Георгиевское, Невидим и Ульжай) и даже эвтрофным водоемам (Требушинное и Воскресенское). Однако значения биомассы фитопланктона в этих озерах весьма нестабильны и могут различаться в разные годы на порядок (рис. 69).

Подобная низкая биомасса фитопланктона регистрируется и в соленых озерах Павлодарской области Казахстана Сейтень и Шарбаклы, территориально близких к соленым водоемам Западной Сибири [185].

Более высокие показатели развития фитопланктона показаны для численности и биомассы фитопланктона глубоководного оз. Большое Яровое [49]. Так, в многоводный период (2001-2005 гг.) средняя численность составляла  $28,6 \pm 5,7$  тыс. кл./л, биомасса –  $14,9 \pm 2,6$  мг/м<sup>3</sup>. В регрессивный период (2006–2011 гг.) средняя численность составляла  $71,4 \pm 14,6$  тыс. кл./л, биомасса –  $69,1 \pm 13,4$  мг/м<sup>3</sup>. В озере Кулундинское среднем численность водорослей в трансгрессивный период составляла  $1,7 \pm 0,3$  млн кл./л, биомасса –  $2,3 \pm 0,6$  г/м<sup>3</sup>. В регрессивную фазу водности численные показатели оставались на том же уровне ( $1,1 \pm 0,2$  млн кл./л),

биомасса была несколько ниже за счет доминирования более мелкоклеточных синезеленых водорослей ( $1,2 \pm 0,2 \text{ г/м}^3$ ).

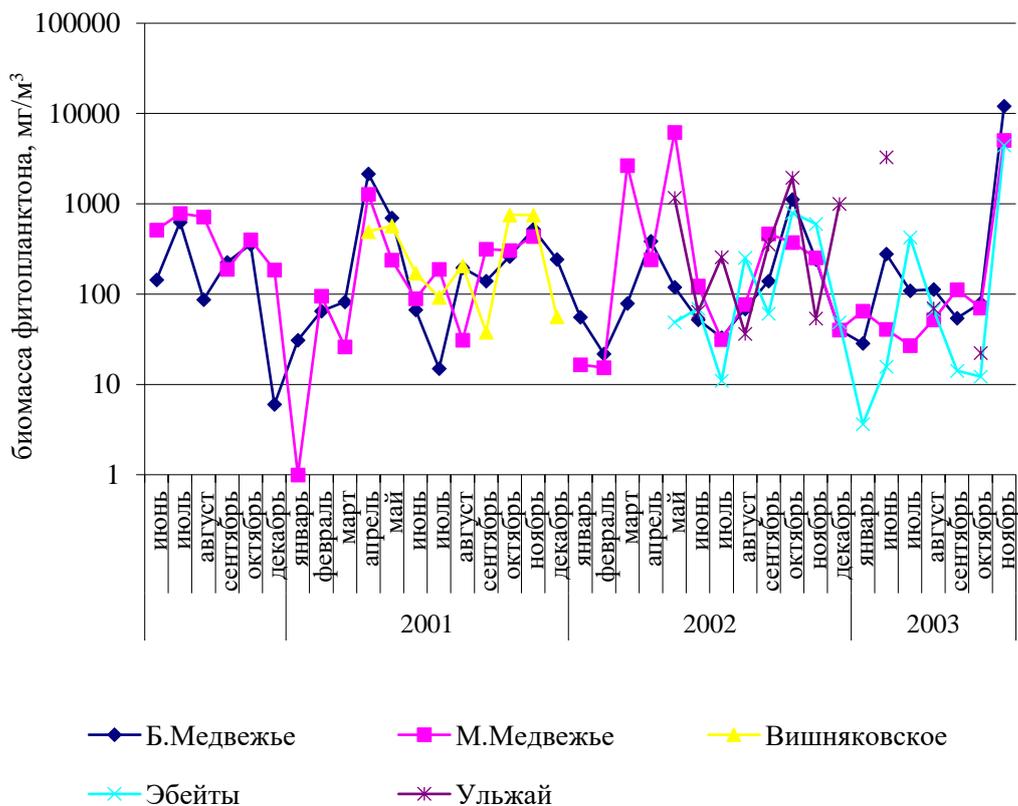


Рис. 69. Годовая динамика фитопланктона в артемиевых озерах

Суммирование имеющихся данных по годовой динамике биомассы фитопланктона в модельных озерах и представление их через отношение фактических значений биомассы за месяц к средним значениям за год ( $V_{\text{ф}}/V_{\text{ср}}$ ) позволяет выделить четкую годовую динамику биомассы фитопланктона (рис. 70). Первый пик биомассы водорослей приходится на май, второй – на ноябрь. В первом случае пик обусловлен оптимальными для фитопланктона абиотическими (температура, освещенность, соленость, биогены) и биотическими (относительно низкая биомасса рачков артемии) условиями, второй пик - отсутствием живых рачков артемии. Известно [253], что артемия является очень эффективным фильтратором, поэтому с июня по октябрь – в период развития рачков артемии, биомасса фитопланктона невелика и имеет значения ниже среднегодовых. На уровне среднегодовых отмечается биомасса в марте-апреле, в период начала прогрева воды и отсутствия рачков артемии, которые начинают появляться лишь во второй половине апреля (при прогреве воды до  $5^{\circ}\text{C}$ ).

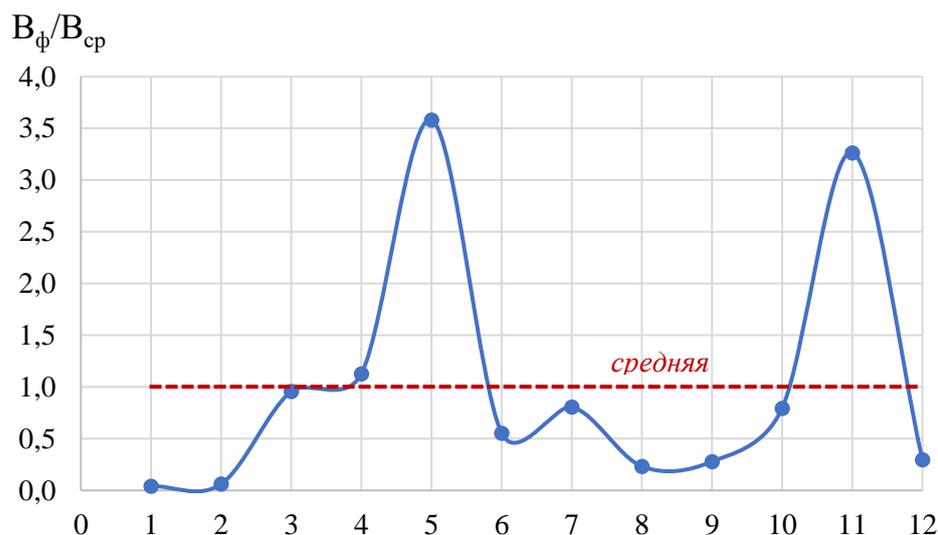


Рис. 70. Годовая динамика фитопланктона, выраженная через отношение фактических значений биомассы к среднегодовым (1...12 – месяцы года)

Исследования фитопланктона в зимний период показали, что, несмотря на снижение температуры воды (до минус  $15^{\circ}\text{C}$ ), уменьшение светового дня и образование ледового покрова (в январе – феврале), вегетация микроводорослей продолжается. Доминирующими видами в зимнем фитопланктоне озер были *Dunaliella salina*, *D. viridis*, *Schroederia setigera*, *Amphora coffeaeformis* и *Lingbya limnetica* [153; 422]. Круглогодичное функционирование фитопланктона, показанное нами для модельных соленых озер Западной Сибири, также отмечено в Соль-Илецком озере Развал при температуре воды минус  $10^{\circ}\text{C}$  [191]. Так, в декабре численность водорослей составила  $5,6 \pm 0,28$  млн кл./л при соотношении зеленых водорослей *Dunaliella salina* и *D. viridis* равное 60% и 40%; в августе (при температуре  $21^{\circ}\text{C}$ ) наблюдалось цветение воды с численностью клеток  $11,8 \pm 0,60$  млн кл./л при соотношении этих водорослей 92% и 8%, что свидетельствует о преобладании *D. salina* при высокой солености летом.

Вегетация фитопланктона в зимнее время характерна и для соленых водоемов Крыма. Так, М.С. Голубковым [81] было отмечено, что именно в зимний период в процессе фотосинтеза происходит накопление органических веществ, которые в последующем либо накапливаются в донных отложениях, либо используются биотой в следующий летний сезон.

Вегетации водорослей в зимний период способствовало также то, что при высокой солености (более 300 г/л) лед не образуется, а при солености менее 300 г/л лед имеет рыхлую консистенцию, что связано с изменением температуры замерзания.

За период исследований величина суточного валового фотосинтеза колебалась от 0,01 до 4,40 мгО<sub>2</sub>/л. Максимальные значения наблюдались, как правило, в июле – августе, минимальные – при низкой биомассе и численности водорослей в мае-июне и сентябре. Однако между биомассой фитопланктона и величиной суточного фотосинтеза связь очень слаба ( $r=0,12$ ). По средним значениям суточной первичной продукции (1,10±0,17 мгО<sub>2</sub>/л; 0,33 гС/м<sup>2</sup>,  $n=44$ ) изученные соленые озера Западной Сибири, согласно шкале трофности [128], относятся к мезотрофным. Более высокие значения суточной продукции отмечены в соленых озерах Крыма: Марфовское – 8,6, Тобечикское – 2,19, Бакальское – 1,16, Шимаханское – 3,13, Киркояшское – 1,18 гС/м<sup>2</sup> и только в озере Кояшское – 0,06 гС/м<sup>2</sup> [14].

Показатель эффективности продукционных процессов в гипергалинных озерах Западной Сибири, выраженный через соотношение первичной продукции и деструкции органических веществ ( $A/R$ ), 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 сопоставима с продукцией фитопланктона.

Анализ функционирования фитопланктона в гипергалинном озере Медвежье (Курганская область) по величине удельного фотосинтеза ( $A/V$ ) показал, что альгоценоз озера ввиду его мелкоклеточности (в среднем 231±21 мкм<sup>3</sup>), определенного видового состава (особенно наличия вольвоксовых), а также, вероятно, по причине некоторых физиологических особенностей является весьма высокопродуктивным [153; 421; 422]. Так, суточные значения  $A/V$ -коэффициента фитопланктона озера находились в пределах 0,03-12,58 и в среднем были равны 2,8. При максимальных значениях  $A/V$ -коэффициентов в планктоне преобладали наннопланктонные формы из вольвоксовых и цианобактерий.

При анализе было отмечено наличие слабой положительной связи между соленостью воды и удельным фотосинтезом ( $r=0,30$ ) и отрицательной связи между биомассой фитопланктона и соленостью воды ( $r= - 0,30$ ). Из этого можно заключить, что с увеличением солености воды происходит уменьшение биомассы фитопланктона с одновременным увеличением его фотосинтетической активности. Кроме того, в опытах установлено, что между удельной фотосинтетической активностью водорослей и объемом клеток фитопланктонного сообщества существует обратная связь ( $r=-0,40$ ). Это еще раз подтверждает тот факт, что мелкоклеточные сообщества являются наиболее продуктивными.

С учетом круглогодичного функционирования фитопланктона в озере Медвежье (Курганская область) его годовая продукция составила 88 гС/м<sup>2</sup>. Этот показатель

соответствуют  $\beta$ -мезотрофному типу озер по шкалам трофности известных гидробиологов Г.Г. Винберга [59], В.В. Бульона [32] и С.П. Китаева [127, 128].

#### 4.9.3 Зоопланктон и зообентос

Видовое разнообразие зоопланктона в гипергалинных водоемах находится в тесной связи с соленостью воды. Особенно наглядно это представлено в работе последних лет [478 и 11], где обобщены сотни работ, посвященных видовому разнообразию гиперсоленых вод разных регионов мира (табл. 17).

Таблица 17. Количество таксонов животных разного уровня, найденных в гиперсоленых водоемах мира при солености от 35 до 310 и более г/л [11; 478]

Диапазон солености, г/л	Тип	Класс	Отряд	Род	Вид
35-50	12	25	83	455	809
51-70	11	22	76	358	606
71-100	11	18	55	259	427
101-130	7	13	31	123	215
131-160	7	13	24	80	126
161-190	6	11	20	54	85
191-220	5	9	16	46	69
221-250	4	7	12	36	51
251-280	4	7	10	22	31
281-310	3	6	9	16	25
>310	1	4	5	5	9

Из таблицы видно, как резко снижается количество видов при солености оптимальной для развития артемии в естественных условиях среды (100-200 г/л). При солености более 310 г/л – отмечаются только представители одного типа Arthropoda: виды рода *Artemia*, *Parartemia* и *Cletocamptus retrogressus* Shmankevitch, 1875; *Eucypris mareotica* Fischer, 1855.

Анализ литературных данных по видовому составу зоопланктона в гипергалинных водоемах России (были учтены водоемы с соленостью более 70 г/л) показал, низкое видовое разнообразие: всего обнаружено 53 вида, из них клadoцер – 13, нематод – 1, ракообразных – 30, высших ракообразных 7, личинок насекомых – 2 вида (табл. 18). Наиболее представлены видами роды *Brachionus* (6 видов), *Artemia* (4), *Moina* (4). Только два вида зоопланктона были отмечены для гипергалинных озер пяти анализируемых территорий России: *Brachionus plicatilis*, *Artemia* (партеногенетические расы). Меньшая встречаемость (60%) отмечена для

видов *Cletocamptus retrogressus* и *Chyronomus salinarius*. Пять видов имели встречаемость 40%, все остальные виды были отмечены только на одной из анализируемых территорий.

Таблица 18. Список видов зоопланктона в гипергалинных озерах

Виды зоопланктона	Крым *	Алтайский край**	Зап.Сибирь ***	Забайкалье ****	Тува *****
<b>Класс Rotifera (13)</b>					
<i>Brachionus plicatilis plicatilis</i> Muller	+	+	+	+	+
<i>Brachionus plicatilis asplanchnoides</i> Charin	+			+	
<i>B. p. longicornis</i> Fadeev	+				
<i>B. p. rotundiformis</i> Tschugunoff	+	+			
<i>Brachionus urceus</i> (Linnaeus, 1758)		+			+
<i>B. nilsoni</i> Ahlstrom	+				
<i>Hexarthra oxyuris</i> (Zernov)	+		+		
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson, 1871)				+	
<i>Euchlanis myersi</i> Kutikova, 1959		+			
<i>Epiphanes</i> sp.			+		
<i>Keratella cruciformis</i> (Thompson, 1892)		+			
<i>Testudinella clypeata</i> (Müller, 1786)		+			
<i>Bdelloidea</i> Hudson, 1884					+
<b>Класс Nematoda (1)</b>					
Nematoda			+		
<b>Н/Класс Crustacea (30)</b>					
<b>Branchiopoda</b>					
<i>Artemia</i> Leach (партеногенетические расы)	+	+	+	+	+
<i>A. urmiana</i> Gunther	+				
<i>A. salina</i> Leach, 1819	+				
<i>A. sinica</i> Cai, 1989					+
<i>Phallocryptus spinosa</i> (Milne-Edwards, 1840)	+				
<i>Brachinella spinosa</i> Edwards, 1840			+		
<b>Cladocera</b>					
<i>Moina salina</i> Daday, 1888	+				
<i>M. mongolica</i> Daday, 1901			+		
<i>M. sp.</i>		+			
<i>M. brachiata</i> (Jurine, 1820)			+	+	
<b>Ostracoda</b>					
<i>Eucypris mareotica</i> (Fischer, 1855)	+				
<b>Calanoida</b>					
<i>Acartia tonsa</i> Dana	+				
<i>Arctodiaptomus salinus</i> (Daday)	+		+		
<i>Diaptomus cyaneus</i> Kiefer			+		
<i>Metadiaptomys asiaticus</i> (Uljanin, 1875)				+	
<b>Cyclopoida</b>					
<i>Acanthocyclops</i> sp.	+				
<i>A. americanus</i> (Marsh, 1893)	+				
<i>Cyclops furcifer</i> Claus, 1857	+				
<i>Diacyclops</i> sp.	+				
<i>D. bisetosus</i> (Rehberg, 1880)	+				
<i>Eucyclops</i> sp.	+				
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer, 1853)	+				
<b>Harpacticoida</b>					
<i>Harpacticidae</i> sp.					+
<i>Cletocamptus retrogressus</i> Shm, 1875	+	+	+		

<i>Canuella perplexa</i> Scott T. et al., 1893	+				
<i>Mesochra lilljeborgii</i> Boeck, 1865	+				
<i>M. rapiens</i> (Schmelin, 1894)	+				
<i>M. rostrata</i> Gurney, 1927	+				
<i>Metis ignea ignea</i> Philippi, 1843	+				
<i>Nitokra spinipes spinipes</i> Boeck, 1865	+				
<b>Malacostraca (7)</b>					
<b>Isopoda</b>					
<i>Idotea balthica</i> (Pallas, 1772)	+				
<i>Sphaeroma serratum</i> (Fabricius, 1787)	+				
<b>Amphipoda</b>					
<i>Gammarus aequicauda</i> (Martynov, 1931)	+				+
<i>Orchestia gammarellus</i> Pallas, 1766	+				
<i>Orchestia mediterranea</i> Costa, 1853	+				
<b>Mysida</b>					
<i>Mesopodopsis slabberi</i> (Van Beneden, 1861)	+				
<b>Decapoda</b>					
<i>Carcinus maenas</i> (Linnaeus, 1758)	+				
<b>Класс Insecta (2)</b>					
<b>Ephydrae</b>					
Личинки Ephydra		+	+		
<b>Chironomidae</b>					
<i>Chironomus salinarius</i> Kieffer, 1915	+	+	+		
<b>Всего видов</b>	32	10	13	6	5

Примечание: по литературным данным: \*- [15; 233; 303]; \*\*[49; 53; 56]; \*\*\*[152]; \*\*\*\* [494]\_(по озерам Куджертан, Нижний Мукей, Борзинское); \*\*\*\*\*[125]

Среди бентосных организмов в гипергалинных озерах Крыма [15] отмечены представители двух классов Insecta: отряда Diptera, сем. Chironomidae *Baeotendipes tauricus* Tshernovskij, отряда Coleoptera - *Hygrotus enneagrammus* (Ahrens), отряда Isopoda *Idotea baltica* (Pallas), отряда Amphipoda *Gammarus aequicauda* Martynov и *Microdeutopus gryllotalpa* A. Costa, *Corophium* sp.; отряда Acariformes; класса Polychaeta *Hediste diversicola* (Muller), *Polydora ciliata* (Johnston). А также представители типа Mollusca, класса Gastropoda и класса Bivalvia. Наибольшая встречаемость отмечена для вида *Baeotendipes tauricus*. Остальные виды были встречены в 1-2 водоемах из шести исследованных.

#### 4.9.4 Зоопланктон и зообентос озер Западной Сибири

За период исследования (1996-2016 гг.) в планктоне соленых озер Западной Сибири было обнаружено 13 видов: 6 видов ракообразных (жаброногих – 2, веслоногих – 3, ветвистоусых – 1) и 3 вида личинок насекомых, 3 вида коловраток и один вид нематод. В период исследований в одном озере было зарегистрировано от 1 до 7 видов зоопланктона. Все встреченные виды относятся либо к галобионтам и галофилам (*Artemia*, *Cletocamptus retrogressus*, *Brachionus plicatilis*, лич. *Ephydra*), либо к видам с широкой экологической

валентностью и встречались как в пресных, так и в соленых водоемах. С увеличением солености воды число видов достоверно снижалось (рис. 71), а также снижалась биомасса зоопланктона (без учета артемии) (рис. 72). Как правило, при солености выше 80 г/л в планктоне встречались помимо артемии единично рачки *Cletocamptus retrogressus*.

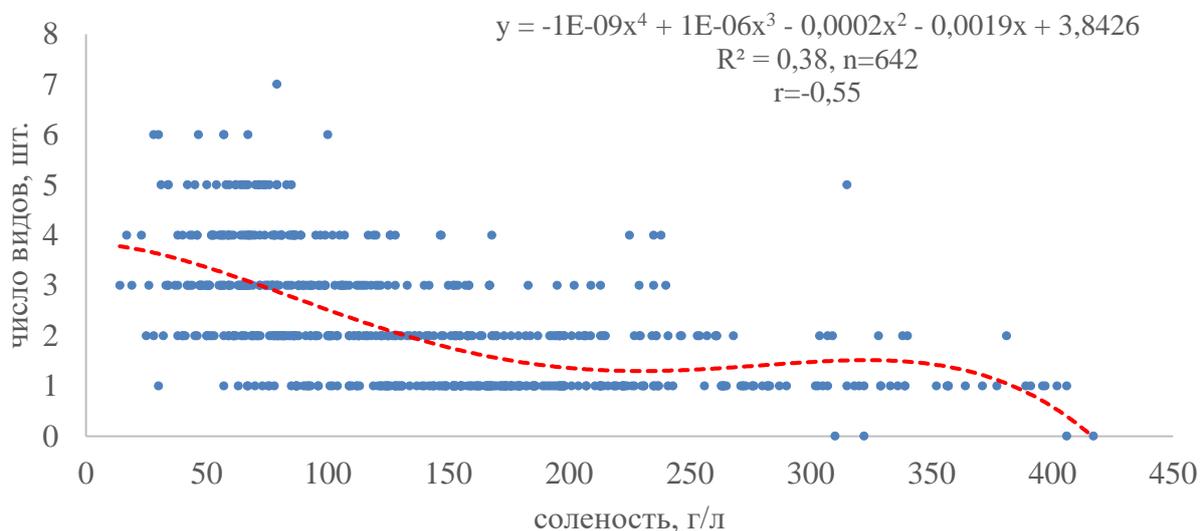


Рис. 71. Число видов зоопланктона в 35 гипергалинных озерах Западной Сибири при разной солености воды за период 1995-2016 гг.

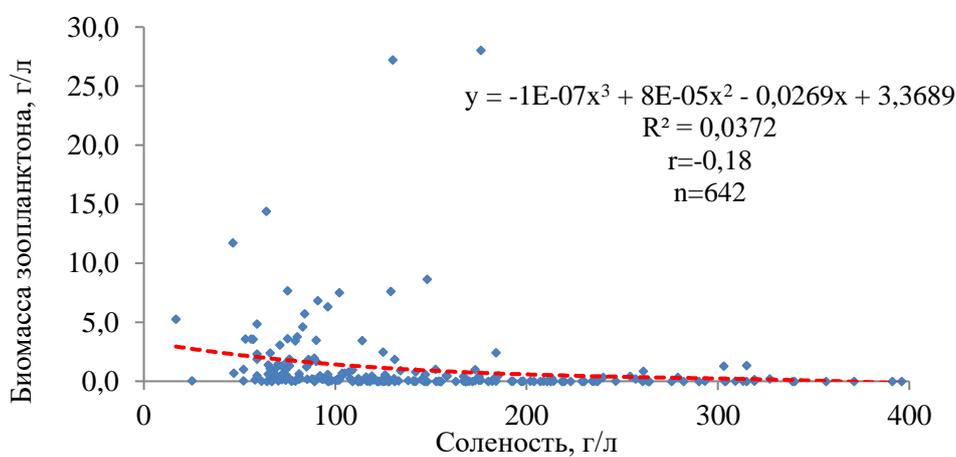


Рис. 72. Биомасса зоопланктона в 35 гипергалинных озерах Западной Сибири при разной солености воды за период 1995-2016 гг.

Зообентос озер был представлен личинками мухи-береговушки семейства Ephydriidae и цистами артемии. Личинки мух-береговушек присутствовали в каждой третьей пробе в количестве от 10 до 200 шт./м<sup>2</sup>. Донные цисты артемии встречались во всех озерах почти круглый год, их отсутствие было отмечено лишь в отдельных водоемах в зимние и весенние

месяцы. Средняя по станциям численность цист была в пределах от 0 до 18,6 млн.шт./м<sup>2</sup>, биомасса – от 0 до 186 г/м<sup>2</sup>.

Таким образом, вода большинства артемиевых озер России является высоко минерализованной хлоридного класса, натриевой группы, III типа, характеризуется высокой жесткостью, связанной, в основном, с присутствием магниевых катионов, слабо–щелочной или щелочной реакцией среды, высоким содержанием органических веществ, наличием достаточного для фотосинтеза количества биогенов. Вегетационный сезон артемии длится от середины апреля до конца октября в Западной и Восточной Сибири, с марта по ноябрь – в Азово-Черноморском регионе, при этом период оптимальных для роста и размножения температур приходится только на 3 и 5 месяцев соответственно. Содержание кислорода, как правило, выше нижней границы нормального существования рачков. С уменьшением глубины и усилении прогреваемости воды в малых озерах лесостепной зоны юго-запада Западной Сибири повышается минерализация среды, что приводит к снижению биологического разнообразия зоопланктонных организмов в этих экосистемах. Эта тенденция отмечается как для большинства гипергалинных водоемов лесостепной зоны Западной Сибири от Урала до Новосибирской области [105], так и для гипергалинных водоемов других территорий России. Фитопланктон соленых озер беден по видовому составу, имеет низкую плотность, в экологическом отношении представлен галофилами и мезогалобами, по размерному составу относится к наннопланктону. Зоопланктон и зообентос артемиевых озер весьма бедны, число видов находится в обратной зависимости от минерализации воды. При солености более 150 ‰ фауна озер представлена, как правило, одним видом – жаброногим рачком артемией.

## Глава 5 АРТЕМИЯ В БИОТОПАХ РОССИИ

### 5.1 Способы размножения артемии, плодовитость и соотношение полов

На рисунке 73 представлен жизненный цикл артемии для водоемов России, который в умеренном климате начинается при прогреве воды до  $+5^{\circ}\text{C}$ . В озерах Западной Сибири вылупление науплиусов из перезимовавших цист происходит, как правило, в апреле-мае. В водоемах Азово-Черноморского региона – в середине марта. Через 20-40 дней в зависимости от температуры появляются половозрелые особи, которые откладывают цисты, яйца или науплиусы. В сибирском ареале при благоприятных условиях за один вегетационный сезон, как правило, проходит 3 генерации, в Крыму – до 4 генераций (рис. 73).

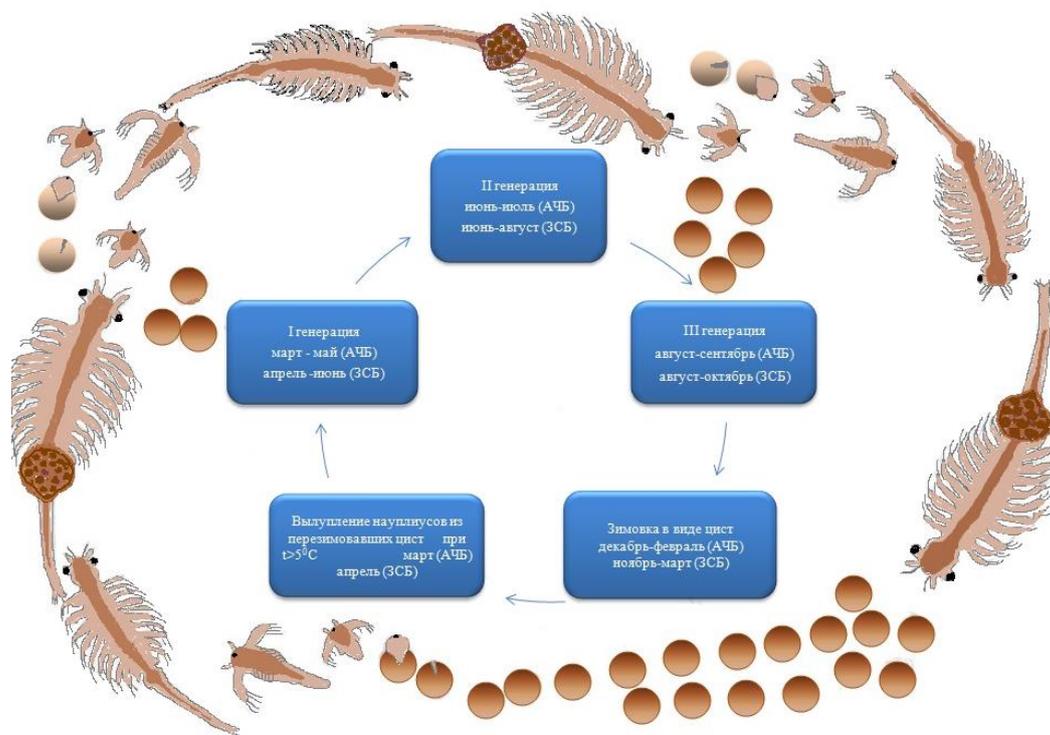


Рис. 73. Жизненный цикл артемии в водоемах России с умеренным климатом: АЧБ – Азово-Черноморский бассейн; ЗСБ – Западно-Сибирский бассейн

Вторая генерация рачков в Западной Сибири развивается в период с середины июня по середину августа, третья – с августа по середину октября.

В Крыму вторая генерация рачков ориентировочно проходит в период с июня по вторую декаду июля, третья – с конца июля по сентябрь, четвертая – в октябре – ноябре.

Если условия становятся неблагоприятными, а это может быть низкое содержание кислорода (менее 1,0 мг/л), высокая соленость (более 250 г/л), температура воды выше

критической (более 36<sup>0</sup>С), а осенью – ниже критической (менее 5<sup>0</sup>С), то наблюдается откладывание цист и гибель рачков.

Заканчивается вегетационный сезон, в сибирском ареале, как правило, в середине октября, в Крыму – в конце ноября. Продолжительность вегетационного сезона в сибирском регионе около 180 дней, в Азово-Черноморском – 220-240 суток [66; 226].

Зимовка артемии проходит в виде цист в период с декабря по февраль в Крыму, и с ноября по март – на юге Западной Сибири.

## 5.2 Морфометрия цист и рачков

### 5.2.1 Морфометрия цист

В исследованных нами популяциях диаметр цист укладывается в пределы 230-290 мкм (табл. 19). Диаметр декапсулированных цист составлял 218-264 мкм. Толщина хориона находилась в пределах от 3,3 до 12,5 мкм. Длина выклюнувшихся науплиусов – 432 – 502 мкм. Сравнение наших данных с литературными сводками по разным популяциям мира свидетельствует о том, что популяции Сибири занимают срединное положение.

Таблица 19. Морфометрия цист и науплиусов по 12 популяциям [116; 156, 163], выборка 200-400 цист, 30 науплиусов, в микрометрах

Показатели	Сибирские популяции (средние по пробам)	Литературные данные
Диаметр цист, мкм	230-290	220-330
Диаметр декапсулированных цист, мкм	218-264	207-296
Толщина хориона, мкм	3,3-12,5	2,7-15,6
Длина только что выклюнувшихся науплиусов, мкм	432-502	428-560

На рисунке 74 представлены размеры цист (диаметр и толщина хориона) популяций России и сопредельных стран (Казахстан, Китай, Иран, Тунис, Алжир). Цисты, для которых не указана толщина хориона, показаны в сером цвете. Самые крупные в мире цисты популяций Тибета (312-320 мкм), озера Б.Яшалтинское (Калмыкия, Россия) (300 мкм), озер Северного Казахстана (293 мкм).

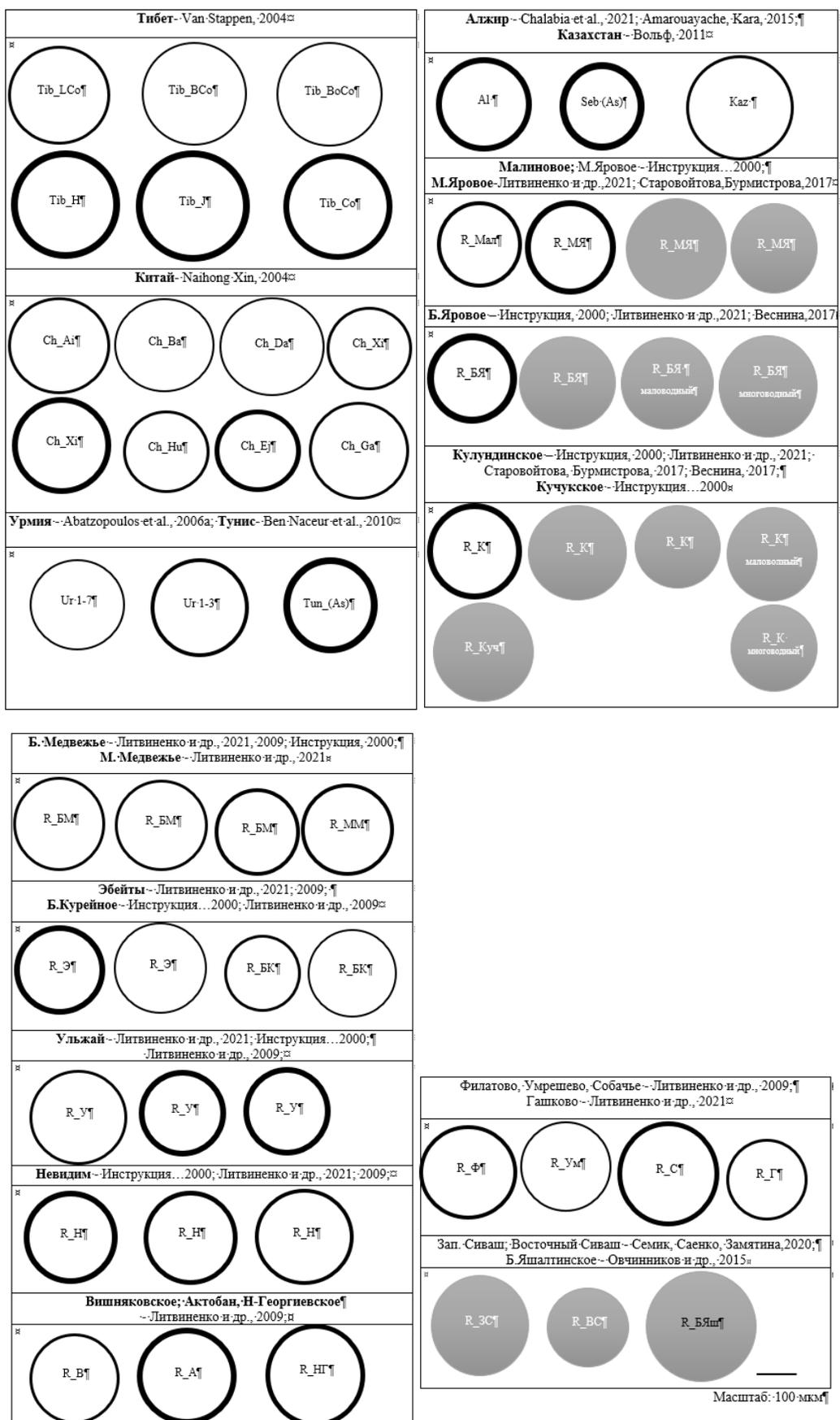


Рис. 74. Строение и размеры цист артемии из популяций Китая (Тибет и внутренние озера), озер Урумчи, Туниса, Алжира, Казахстана, Алтая, Западной Сибири, залива Сиваш (Крым), Б.Яшалтинское (Калмыкия)

Из представленных на рисунке цист к самым мелким относятся цисты из некоторых популяций внутренних озер Китая (234-240 мкм), Алжира (*A. salina*) (248 мкм), оз. Гашково (250 мкм), залива Восточный Сиваш (227 мкм). Толщина хориона цист находится в пределах от 4-5 мкм (из некоторых озер Тибета, Китая, оз. Урмия, озер Западной Сибири (Умрешево и Эбейты) до 12-14 мкм (озера Тибета, *A. salina* из водоемов Алжира и Туниса, водоемы Алтая: М.Яровое, Б.Яровое, Кулунда и Западной Сибири: Невидим, Эбейты, Собачье, Актобан).

По некоторым озерам России представлены данные за ряд лет, что позволило наглядно продемонстрировать вариабельность отдельных признаков. Например, диаметр цист в озерах Б.Яровое в разные годы колебался в пределах 243-265 мкм, М.Яровое – 241-280 мкм; Кулундинское (237-268 мкм). Причем для этих озер отмечено изменение размеров цист при разной водности [52]. Так, минимальные размеры цист в озере Кулундинское отмечены в многоводный год ( $230 \pm 30$  мкм), в озере Б.Яровое – в маловодный ( $249 \pm 12$  мкм). Максимальные размеры – в озере Кулундинское ( $240 \pm 30$  мкм) в маловодный год, в озере Б.Яровое ( $255 \pm 12$  мкм) – в многоводный.

Значительные изменения в размерах также показаны для цист из озера Б.Медвежье 242-266 мкм в разные годы. В заливе Сиваш в разных его частях размеры цист, согласно литературным данным [235] отличаются значительно: 227 мкм – в восточной части и 271 – в западной, при средних значениях для всего водоема 239 мкм.

Межгодовая внутривидовая морфометрическая вариабельность касается не только размеров цист, но и толщины хориона. Так, особенно наглядно это показано для цист озера Эбейты, где по данным 20-летней давности толщина хориона составляла 4 мкм, по современным данным (2017-2020 гг.) – 12 мкм. Подобные изменения и в диаметре, и толщине хориона показаны для цист из озер Ульжай и Невидим.

### 5.2.2 Морфометрия рачков

Для оценки возможности дифференциации популяций артемии по морфометрическим показателям была проанализирована база данных, представленная в **Приложении 12** по рачкам из 54 озер Западной Сибири за 12 лет исследований.

Морфометрические параметры рачков артемии определяли по 9 пластическим и двум меристическим показателям (рис. 75). Всего измерено 6060 рачков артемии. В табл. 20 приведены собственные и литературные данные по морфометрии рачков, из которых видно, что в основном средние показатели размеров рачков сибирских популяций не выходят за пределы, известные в литературе [291; 365; 501; 502; 503 и др.], за исключением длины фурки

и ширины головы, которые несколько меньше у рачков сибирских и уральских популяций. Также размах колебаний числа щетинок на фурке у сибирских популяций больше.

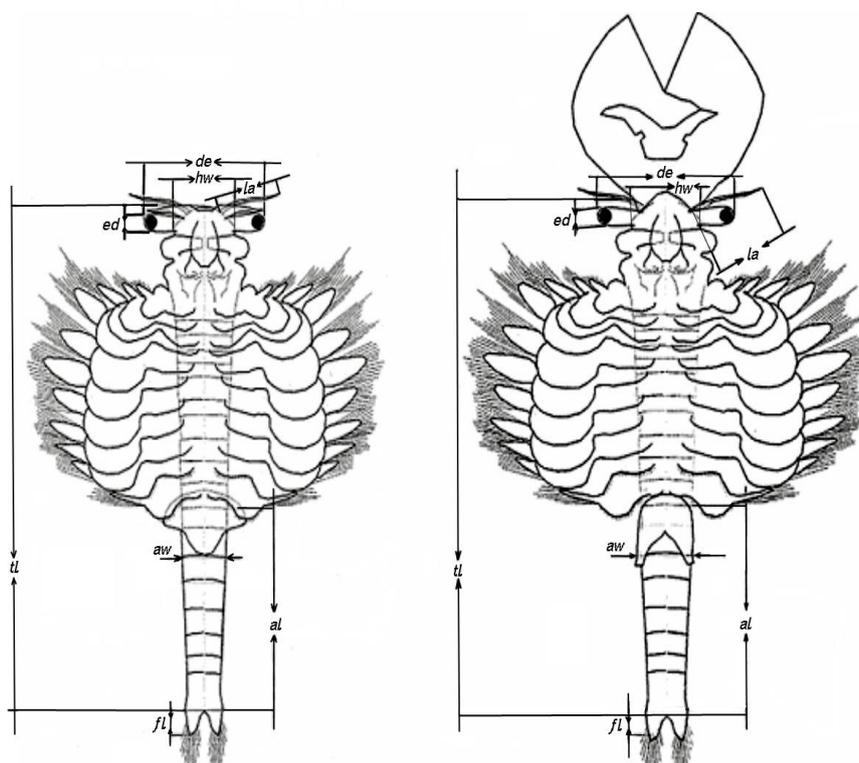


Рис. 75. Схема тела артемии с указанием морфометрических параметров: длина тела (tl), длина abdomена (al), ширина abdomена (aw), расстояние между глазами (de), диаметр глаз (ed), длина фурки (fl), длина первой антенны (la), ширина головы (hw), отношение длины abdomена к общей длине тела (ra, %), число щетинок (sf-r) на правой фурке

Таблица 20. Морфометрические показатели рачков артемии по многолетним данным ( $n=202$ , 54 озера в Западной Сибири, 2005-2016 гг.)

	Западная Сибирь			Литературные данные	
	min	max	mean	min	max
tl	6,36	12,61	9,31	5,98	15,00
al	2,93	7,51	5,05	2,49	10,00
aw	<b>0,23</b>	<b>0,87</b>	0,51	0,25	0,84
de	<b>0,76</b>	1,65	1,22	0,85	2,24
ed	<b>0,10</b>	0,31	0,21	0,19	0,37
sf-r	<b>1,00</b>	<b>17,53</b>	4,73	1,47	11,20
fl-r	<b>0,04</b>	0,41	<b>0,16</b>	0,18	0,49
la	<b>0,50</b>	1,06	0,78	0,56	1,58
hw	<b>0,38</b>	0,92	0,60	0,65	1,22
cl/al	<b>0,55</b>	1,46	0,86	0,73	1,70
al/tl	0,41	0,65	0,54	0,38	0,67
tl/al	<b>1,55</b>	2,46	1,86	1,73	2,70

Примечание: зеленым жирным - обозначены значения, выходящие за пределы известных из литературы показателей; красным жирным курсивом – средние значения ниже минимальных литературных значений

Графический анализ данных по сибирским популяциям (рис. 76) показал, что сибирские популяции отличаются от популяций других стран меньшими показателями длины тела и абдомена, большим диапазоном изменчивости в количестве щетинок на фурке, меньшими показателями длины первой антенны и ширины головы, меньшим отношением tl/al.

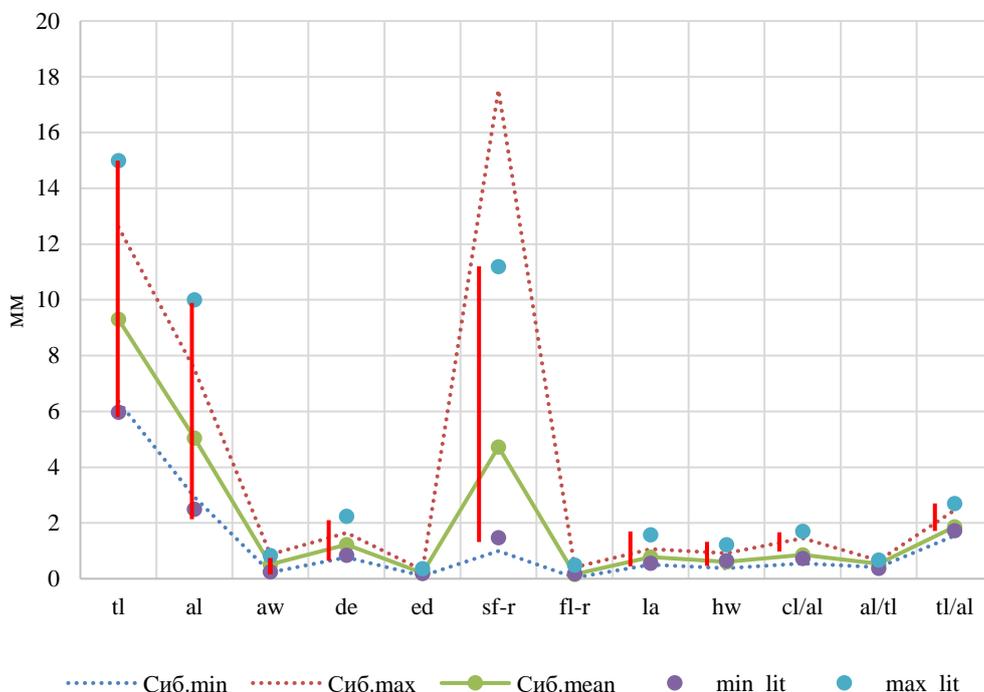


Рис. 76. Морфометрические параметры рачков сибирских популяций (Сиб.) в сравнении с литературными (lit) данными по популяциям Восточного и Западного полушария

Известно, что соленость оказывает значительное влияние на внешний облик артемии. На большом количестве данных (202 пробы по 30 рачков в каждой) было проанализировано влияние солености на пластические и меристические параметры тела рачков артемии (табл. 21). Оказалось, что все анализируемые параметры, за исключением длины тела рачков достоверно зависят от солености. Причем два показателя (длина абдомена и расстояние между глаз) находятся в положительной связи с соленостью. Влияние увеличения солености на остальные показатели проявляется в уменьшении ширины абдомена, диаметра глаз, длины фурки и первой антенны, уменьшении ширины головы, снижении числа щетинок на фурке и уменьшении отношения cl/al за счет увеличения длины абдомена.

Таблица 21. Показатели коэффициента корреляции между соленостью воды в озерах и морфометрией тела рачков

tl	al	aw	de	ed	sf-r	fl	la	hw	cl/al
0,02	0,19	-0,38	0,51	-0,40	-0,62	-0,60	-0,35	-0,17	-0,29

Примечание: красным цветом показаны положительные, синим - отрицательные связи, изменение фона – сила связи

На рис. 77 показаны фото рачков артемии из озер с разной соленостью, а также строение фурки



А

Б

В

Рис. 77. Внешний вид рачков артемии в воде с разной соленостью (А), строение фурки Б- при солености 198 г/л, В – 113 г/л

### 5.3 Влияние на продуктивность артемиевых водоемов абиотических факторов

Для ареала артемии на территории России и, в частности, юга Западной Сибири можно выделить ряд важных абиотических факторов:

- континентальность климата (короткое, но теплое, засушливое лето, продолжительная холодная зима). Летом температура воды чаще в пределах оптимума ( $20-30^{\circ}\text{C}$ ), иногда повышается до критических значений  $38^{\circ}\text{C}$  и более); зимой – опускается ниже минус  $10-15^{\circ}\text{C}$ );
- неустойчивость климата (равнинность местности и открытость ее к северу и югу способствует глубокому проникновению арктических воздушных масс с севера и сухих масс с юга);
- колебания водности (периодически повторяющиеся трансгрессии и регрессии с небольшими осцилляциями);
- повышенная испаряемость (в основном в теплое время года, превышает количество осадков в 1,5-2 раза);
- мелководность озер (глубина менее 1 м; годовой размах температуры в озерах составляет  $50^{\circ}\text{C}$ ; соленость может меняться – в несколько раз);
- высокая соленость воды в озерах (до 450 г/л);
- высокая жесткость воды (в основном за счет магниевых ионов);
- слабощелочная - щелочная реакции среды;

- высокое содержание органических веществ;
- низкий кислород (до 0,5 мг/л и менее);
- высокое содержание сероводорода.

Таким образом, артемия, обитающая в озерах, адаптирована к экстремальным условиям окружающей среды (большим колебаниям температуры, низкому содержанию кислорода и высокой солености). Иногда водоемы, в которых обитают рачки, могут промораживаться или пересыхать, в этих случаях популяции артемии могут приспосабливаться к неблагоприятным условиям благодаря высокой плодовитости и способности образовывать диапаузирующие яйца - цисты [153].

Ареал артемии на территории России находится в умеренном поясе трех климатических областей:

- атлантико-континентальная европейская (степная) - в Азово-Черноморском бассейне;
- континентальная восточно-европейская - в Каспийском бассейне;
- континентальная западно-сибирская южная (лесостепная) - на юге Западной Сибири.

### 5.3.1 Температура, как фактор, определяющий сезонность в развитии артемии

Период появления рачков в водоемах напрямую зависит от климата местности. В озерах юга Западной Сибири и Северного Казахстана вылупление артемии из цист обычно начинается в середине апреля – начале мая [153], в соленых водоемах Азово-Черноморского бассейна в марте – начале апреля [57; 197; 477]. В озере Саки единичные науплиусы были обнаружены в январе [477]. В Североамериканских озерах относительно глубоководных озерах GSL (Юта, США) и Моно (Калифорния, США) первые науплиусы после зимовки появляются в марте-апреле при температуре 2-8 °С [434; 496]. В субтропическом и тропическом климате рачки могут размножаться весь год [413].

В биотопах умеренного климата циклы развития артемии были разбиты на сезоны [152; 153]:

- **весна**: середина апреля – май; температура +5 - +20<sup>0</sup>С; распреснение поверхностной рапы в 3 раза и более; пик в развитии фитопланктона, биомасса которого составляет 0,3-13,7 мг/л, в среднем 3,23±1,15 мг/л; вылупление науплиусов артемии из перезимовавших цист; в планктоне преобладают ювенальные стадии артемии, появляются личинки Chironomidae, Ephydryidae, веслоногие рачки *Cletocamptus retrogressus*, *Diaptomus cyaneus*, *Arctodiaptomus salinus*;

- **лето:** июнь-август; температура +12 - +38<sup>0</sup>С; соленость воды увеличивается до среднегодовых значений; развитие фитопланктона невысокое, биомасса – от 0,01 до 3,1 мг/л, в среднем 0,45±1,18 мг/л; в планктоне встречаются все возрастные стадии артемии; помимо весеннего зоопланктона появляются такие виды, как клadoцера *Moina mongolica*, жаброног *Branchinella spinosa*, коловратки *Brachionus plicatilis*, виды родов *Hexarthra* и *Epiphanies*;

- **осень:** сентябрь-октябрь; температура +2-+20<sup>0</sup>С; соленость колеблется в пределах средних по году; средняя биомасса фитопланктона выше, чем летом: 0,62±0,11мг/л; преобладают взрослые стадии артемии и цисты; встречаются личинки Chironomidae, Ephydryidae, единично *C. retrogressus*, коловратки;

- **зима:** ноябрь - середина апреля; температура от +5 до -15<sup>0</sup>С; соленость максимальная в январе, в остальные месяцы средняя по году, в апреле – минимальная; фитопланктон в пределах 0,01 – 3,3 мг/л, в среднем – 0,33±0,27 мг/л; в планктоне и бентосе присутствуют цисты артемии; единично встречаются личинки Chironomidae и эфиппиумы *M. mongolica*.

Таким образом, в умеренном климате температура играет определяющую роль в сезонных циклах развития гидробионтов в водоемах, в том числе и в гипергалинных. Наибольшее видовое разнообразие в сибирских биотопах было отмечено в летний сезон при температуре более 12<sup>0</sup>С [152]. Период существования рачков артемии, ограниченный нижним температурным пределом (4- 5<sup>0</sup> С), длится с середины апреля до конца октября и составляет в среднем 180 суток в водоемах Западной Сибири и 220-240 суток в водоемах Крыма [66; 226]. Период оптимальных для роста и размножения температур приходится на три летних месяца. Неблагоприятный период популяция переживает в виде цист.

За период исследований температура воды вышла за верхний предел для рачков артемии +37<sup>0</sup>С только один раз – в конце июня 2000 г. [196]. Такая высокая температура сопровождалась дефицитом кислорода во всех исследованных в этот период озерах Курганской области (Большое и Малое Медвежье, Невидим, Вишняковское, Требушинное, Курейное). Концентрация растворенного кислорода опустилась в них до 0-0,04 мг/л. Все это привело к гибели всех рачков в исследованных популяциях. Гибель рачков сопровождалась мощным выбросом цист, береговые отложения которых по объему были соизмеримы с осенними. Летние выбросы цист при отсутствии в то время промысла быстро гибли. Уже через две недели в живых осталось только 7-18%, еще через две недели – меньше 10%, к концу августа основная часть летних береговых выбросов состояла только из скорлупы. Таким образом, береговые залежи цист артемии, образованные в июне-июле, не участвуют в пополнении популяции на следующий год. В этом случае наиболее рациональным является организация срочной заготовки таких цист.

В 2000 г. была зафиксирована нетипичная динамика численности науплиусов и рачков артемии. В течении многих лет исследования в многочисленных мелководных водоемах Западной Сибири [153; 166; 421; 423], как и в водоемах Казахстана [61; 257] и Калмыкии [111; 112] отмечается наличие одного пика в численности рачков артемии, приходящегося на весенний период при вылуплении науплиусов из перезимовавших цист. В 2000 г. после гибели рачков в летний период был отмечен в исследованных озерах второй пик, по численности не уступающий первому. Причем в осенний период в этих водоемах запасы цист были соизмеримы с многолетними.

### 5.3.2 Соленость как фактор, определяющий продуктивность артемии

#### 5.3.2.1 Влияние солености на биоценозы западносибирских озер

Исследованные гипергалинные водоемы имели минерализацию воды от 28 до 417 г/л. По О.А. Алекину [4], вода большинства озер относилась к хлоридному классу, натриевой группе, III типу. Вода отличалась высокой жесткостью, слабо-щелочной или щелочной реакцией среды, высоким содержанием органических веществ.

В годовой динамике солевого состава наблюдалось значительное снижение содержания всех ионов в период таяния снега - с марта по апрель (в среднем в 3 раза и более), быстрое восстановление концентрации всех ионов к маю-июню, и относительное постоянство химического состава с июня по февраль.

В межгодовом аспекте соленость воды за период 1995-2010 гг. [418] претерпевала значительные колебания, связанные с водностью. Средняя за сезон минерализация воды в отдельном озере в разные годы различалась в 2,1-7,3 раза (в среднем - в 3,6 раз). Так, в наиболее изученных озерах соленость воды (г/л) в период с 1995 по 2010 гг. колебалась в следующих пределах: Большое Медвежье – 110-293, Малое Медвежье – 143-304, Невидим – 66-185, Вишняковское – 68-279, Ульжай – 49-143, Эбейты – 125-288, Сульфатное - 61-236, Курейное – 45-148, Требушинное – 38-130, Актобан – 57-417, Филатово – 50-175, Ново-Георгиевское – 65-176, Окуневское – 66-202, Сиверга – 45-115, Соленый Кулат – 54-178, Таузаткуль - 30-313.

Биоценоз гипергалинных водоемов беден по видовому составу. Всего за период исследований 26 озер Западной Сибири нами были обнаружены 58 видов фитопланктона (см. раздел 4.9.2). Основная часть видов встречалась только в 1-2 озерах. Только четыре вида (*Amphora coffeaeformis* Ag., *Nitzschia angustata* (W.Sm.) Grun., *Dunaliella salina* Teod., *Dunaliella viridis* Teod.) были встречены почти во всех озерах. В зоопланктоне и бентосе

обнаружены 13 видов (см. раздел 4.9.4), принадлежащих в систематическом отношении к двум типам: членистоногие (*Arthropoda*) и круглые черви (*Nemathelminthes*). Из членистоногих шесть являются представителями ракообразных (жаброногих – 2, веслоногих – 3, ветвистоусых – 1) и три вида личинок насекомых. Из круглых червей были встречены три вида коловраток и один вид нематод. Все они относятся либо к галобионтам и галофилам (*Artemia* Leach 1819, *Cletocamptus retrogressus* Schm., *Moina mongolica* Daday, *Brachionus plicatilis* Muller, личинки *Ephydriidae*), либо к видам с широкой экологической валентностью.

Для анализа влияния солености на биоценоз все изученные озера по общей минерализации и по состоянию популяции артемии были разбиты на 4 группы:

1 -  $\Sigma u < 70$  г/л (популяция артемии находится в угнетенном состоянии из-за большого количества видов-конкурентов в питании и хищников, максимальные значения биомассы артемии – 85 мг/л, средние по группе – около 9 мг/л);

2 -  $\Sigma u = 71-150$  г/л (встречаемость конкурентов ниже, хищники отсутствуют, артемия хорошо развивается; в этой группе зарегистрирована максимальная биомасса артемии – 400 мг/л, средняя по группе – тоже наибольшая (33 мг/л));

3 -  $\Sigma u = 151-250$  г/л (артемия процветает в монокультуре, лишь единично в планктоне встречаются веслоногие рачки, однако, биомасса артемии как максимальная (202 мг/л), так и средняя по группе (22 мг/л) уже ниже, чем во второй группе);

4 -  $\Sigma u > 251$  г/л (артемия испытывает токсическое действие солености, биомасса ниже, чем во второй и третьей группах). Озера второй и третьей групп являются промысловыми озерами, первой и четвертой – условно-промысловыми. В годы различной водности водоемы могут переходить из одной группы в другую.

Наиболее важные параметры гипергалинных биоценозов были сгруппированы по 4 выделенным группам солености (рис. 78). На рис. 78а показано закономерное снижение видового разнообразия зоопланктона с увеличением солености в озерах. Биомасса зоопланктона без учета артемии (рис. 78б) резко снижается при переходе от первой ко второй группе, почти не обнаруживается в третьей и отсутствует в четвертой. Этот график свидетельствуют о том, что соленость выше 100 г/л является барьером для развития всех сопутствующих артемии видов. Однако единично некоторые виды встречались и при более высокой солености. Так, ветвистоусые рачки *Moina mongolica*, коловратки *Brachionus plicatilis* и *Eriphanes sp.* встречались до солености 149 г/л. Встречаемость в озерах веслоногих рачков *Cletocamptus retrogressus* была ограничена соленостью 198 г/л, личинок *Chironomidae* - 213 г/л, личинок мухи-береговушки (сем. *Ephydriidae*) – 255 г/л. Жаброногие ракообразные

*Branchinella spinosa* - 67 г/л. Предельные уровни солености, при которой встречались живые рачки артемии, составили 34 - 370 г/л. В изменении биомассы фитопланктона (рис. 78в) не прослеживается четкой закономерности, но можно предположить, что снижение биомассы фитопланктона во второй группе связано с наибольшим развитием артемии, являющейся активным потребителем водорослей, а снижение биомассы фитопланктона в 4 группе, вероятно, объясняется также токсическим действием солености на развитие не только артемии, но и водорослей. В отношении артемии влияние солености не однозначное. Биомасса рачков (рис. 78г) выше во второй и третьей группах. Численность цист в биоценозе (рис. 78д) выше в третьей группе.

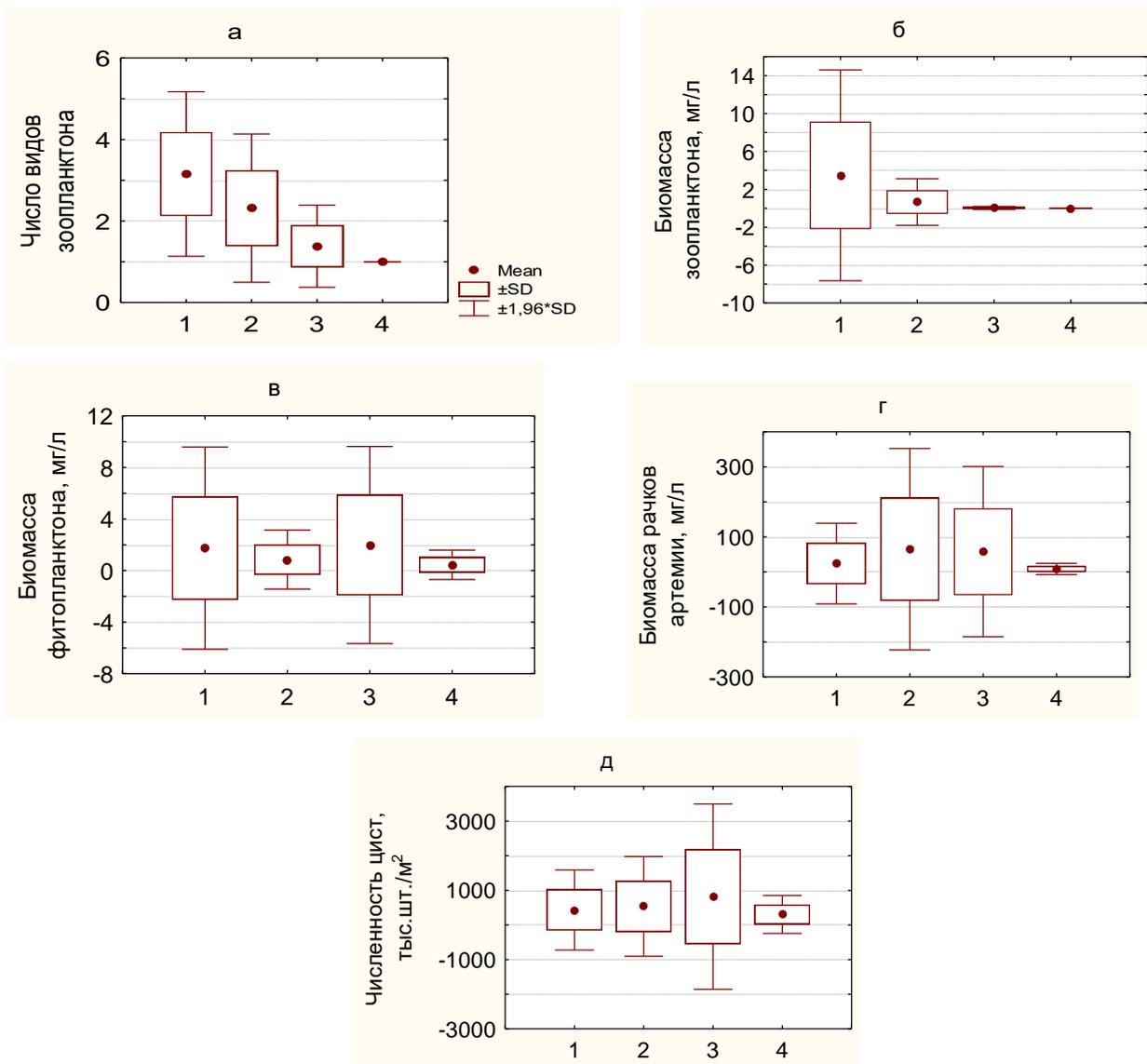


Рис. 78. Среднегрупповые показатели биотических параметров биоценозов

Таким образом, влияние солености на биотические показатели гипергалинных водоемов проявляется в снижении числа видов с увеличением солености, которое

сопровождается процветанием одних и снижением продуктивности и полного исчезновения других видов. Так, согласно данным разных авторов [14; 374; 467 и др.], для распространения представителей Cladocera граница солености находится в пределах 50-110 ‰, Copepoda – 90-110 ‰; для представителей Anostraca – 280-340 г/л [47; 194 и др.] и даже 340‰ [15]. В наших исследованиях для Cladocera эта граница находилась в районе 150 г/л (128‰), Copepoda (*Cletocamptus retrogressus*) и личинок Chironomidae – 200 г/л (160 ‰), личинок Ephydriidae – 250 г/л (188 ‰), Anostraca – 370 г/л (233 ‰). Таким образом, наши исследования позволили расширить представления о границах встречаемости некоторых групп зоопланктона. Согласно последним данным [11], эти границы еще больше расширились: у кладоцер (в частности *Moina salina* Daday, 1888) граница солености составляет уже более 220 г/л и у копепод (*Cletocamptus retrogressus*) - 310-360 г/л.

#### 5.3.2.2 Промысловые ресурсы беспозвоночных Западной Сибири в градиенте солености

Западная Сибирь богата мелководными высокопродуктивными водоемами со значительными запасами водных беспозвоночных. Помимо артемии в некоторых озерах отмечены промысловые запасы жаброногого рачка *Branchinella spinosa*, представителя высших раков *Gammarus lacustris*, личинок комаров *Chironomus plumosus* и рода *Chaoborus*, ветвистоусых (виды рода *Daphnia*) и веслоногих ракообразных (виды родов *Arctodiaptomus* и *Diaptomus*). Все указанные гидробионты являются конкурентами в питании артемии, и даже являются хищниками (*Branchinella spinosa* и *Chaoborus*), однако проигрывают артемии в адаптации к солености воды.

Анализ данных за 1995-2013 гг. (рис. 79) показал, что гаммарус встречался при солености от 0,5 до 18 г/л, нормально функционировал при солености - 0,5-15 г/л, достигал наибольшей биомассы – при 2-6 г/л. За указанный период биомасса гаммарид в исследованных озерах находилась в пределах от 0 до 4040 кг/га (в среднем  $571,0 \pm 36,5$ ).

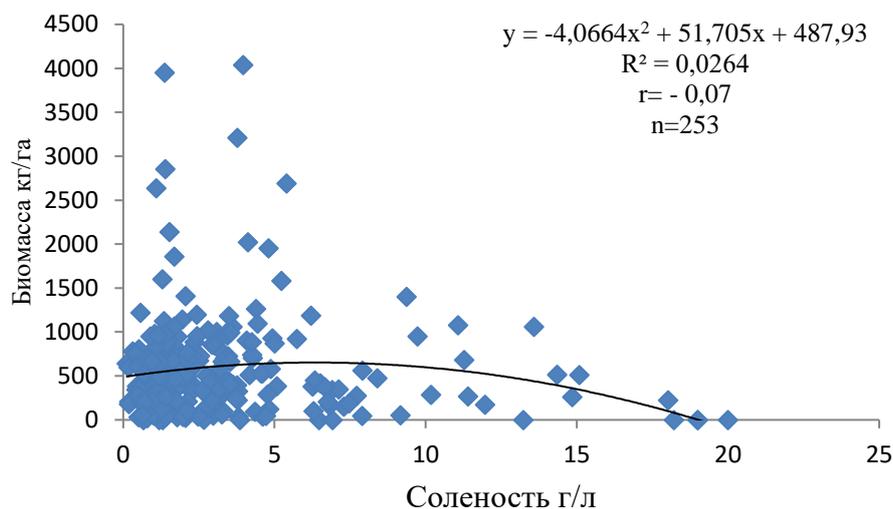


Рис. 79. Биомасса гаммарид в озерах Западной Сибири с разной соленостью

Личинки комара *Chironomus plumosus* были исследованы в 20 водоемах в разные годы при солености в пределах 0,5-11,2 г/л. Встречаемость личинок были отмечена при солености в пределах 0,5-6,8 г/л, максимум биомассы зафиксирован при солености около 1,0 г/л. Биомасса хирономид достоверно снижалась с увеличением солености (рис. 80)

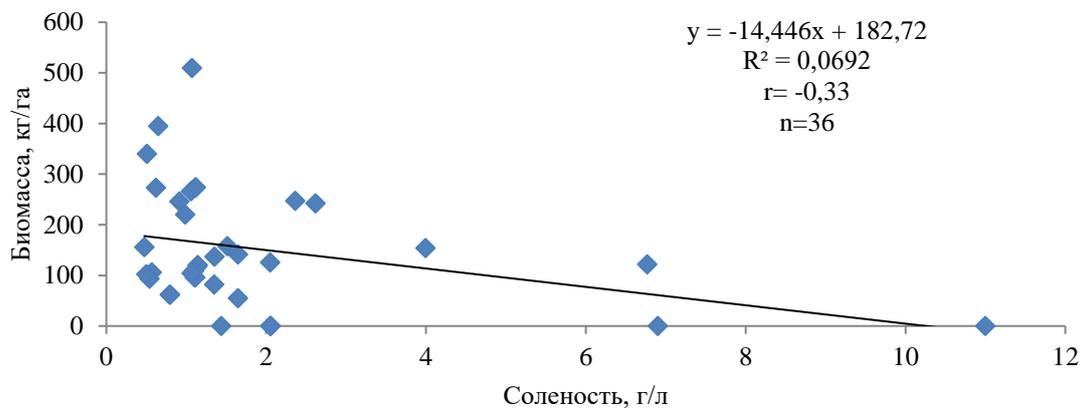


Рис. 80. Биомасса хирономид в озерах Западной Сибири с разной соленостью

Виды рода *Daphnia* в достаточном для промысла объеме отмечены в 12 озерах с соленостью воды 5-14 г/л (максимальная плотность популяции отмечена при солености 5-7 г/л).

Промысел водных личинок комара рода *Chaoborus* проводился на водоемах Курганской области, где минерализация воды была в пределах 7-14 г/л. Максимальной биомассы этот вид достигал при солености воды 7-8 г/л.

Жаброногий рачок *Branchinella spinosa*, который не встречался при солености 60 г/л и более, при солености 17 г/л в 2013 г. в озере Горькое Курганской области процветал с биомассой 1,1 кг/м<sup>3</sup>. В целом для озера площадью 160 га и глубиной 1 м общая биомасса составила 1590 т. Анализ всех имеющихся данных по встречаемости этого жабронога показал, что отмечен он был при солености от 10 до 60 г/л, хорошо развивался при солености 11-23 г/л, с оптимумом – 13-21 г/л.

Копеподы, в основном представители рода *Arctodiaptomus* и *Diaptomus*, изученные в тех же озерах, что и дафнии и хаобориды, получили наибольшее развитие (биомасса более 1 г/м<sup>3</sup>) при солености около 10 г/л, встречались при солености от 7 до 13 г/л [155].

Анализ данных за 1995-2013 гг. по встречаемости (1 бал), нормальном развитии (2 бала) и оптимуме (3 бала) разных видов промысловых беспозвоночных в 286 водоемах Западной Сибири (Курганская, Челябинская, Тюменская, Омская и Новосибирская области) с разной соленостью (рис.) показал, что – наиболее продуктивные и наиболее разнообразные в видовом отношении мезогалинные водоемы с соленостью 5-14 г/л.

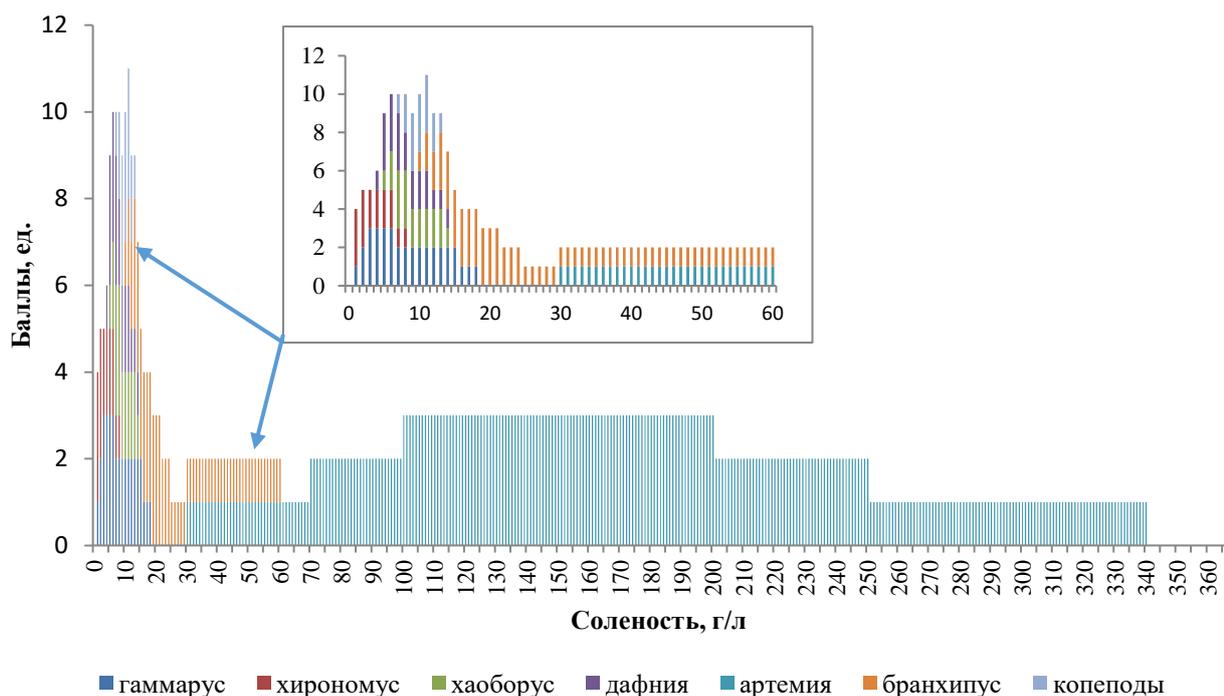


Рис. 81. Встречаемость и развитие промысловых беспозвоночных в озерах с разной соленостью

Надо отметить, что на развитие гидробионтов в воде мезогалинных водоемов влияют их потребители (рыбы), которые в основном при солености более 5 г/л не встречаются, только карась выдерживает соленость до 10 г/л.

Согласно официальной статистике [155], в озерах Западной Сибири ежегодно заготавливалось около 1100 т цист артемии, 2400 т гаммаруса, 50 т личинок хирономид, 70 т

речных раков. Промысел дафнии и хаоборид был периодическим в объеме 2-5 т. Перспективными для промысла, но не охваченными им объектами являются: рачки артемии, бранхипус и копеподы. Рассчитанные промысловые запасы биомассы рачков артемии в озерах Западной Сибири составляют около 50 тыс. т в сырой массе [153]. Таким образом, используя только данные по солености воды озер можно с некоторой долей вероятности прогнозировать формирование в них промысловых ресурсов тех или иных видов беспозвоночных.

В гипергалинных водоемах встречен только один промысловый вид – жаброногий рачок *Artemia parthenogenetica*, который встречался при солености от 30 до 340 г/л, нормально развивался – при солености 70-250 г/л, процветал – при солености 100-200 г/л [155]. Хотя известно, что артемия в условиях культуры нормально растет и размножается при солености 30-50 г/л, но в природе при такой солености из-за наличия конкурентов в питании и хищников, как правило, не живет. В гипергалинных водоемах Крыма помимо артемии промысловым видом служит представитель хирономид *Chironomus salinarius* [233].

О продуктивности гипергалинных водоемов свидетельствуют следующие многолетние данные [153; 157, 158, 162]: на 1 га площади озер производится в сырой массе за год: фитопланктона – 2-18 тонн (в среднем – около 10 тонн), рачков артемии – 80-5200 кг (в среднем – около 1000 кг), цист – 10-220 кг (в среднем – 60-80 кг), в редких случаях до 600 кг.

Для водоемов Западной Сибири оптимальной для наращивания биомассы рачков артемии является соленость 100-200 г/л, при солености 160-180 г/л – отмечена максимальная численность бентосных цист, при солености 140-180 г/л – планктонных цист [153]. По результатам многолетнего мониторинга (1995-2010 гг.) на 54 мелководных гипергалинных водоемах Западной Сибири с соленостью от 28 до 417 г/л, был сделан вывод о том, что гипергалинные биоценозы наиболее продуктивны при солености 150-180 г/л [152], что, вероятно, также объясняется максимальной плодовитостью самок артемии при такой солености [53, 56].

Таким образом, на основе многолетнего мониторинга гипергалинных водоемов юга Западной Сибири с соленостью от 28 до 417 г/л выявлена определяющая роль температуры на сезонные циклы развития гидробионтов, солености - на продуктивность и состав биоценозов. Наибольшее видовое разнообразие отмечено в летний сезон при температуре более 12<sup>0</sup>С. При отрицательных температурах фауна представлена только цистами артемии. При увеличении солености от 28 до 100 г/л число видов снижается. При солености 100 г/л и более фауна представлена в основном только жаброногим рачком артемией. Наиболее продуктивны гипергалинные биоценозы при солености 150-180 г/л. Фитопланктон озер беден по видовому

составу, в экологическом отношении представлен галофилами и мезогалобами, по размерному составу относится к нанопланктону, в количественном отношении имеет низкую плотность.

#### 5.4 Флуктуации абиотических и биотических факторов в артемиевых гипергалинных водоемах

Анализ данных за 30 лет исследования многочисленных водоемов Западной Сибири позволяет определить границы биотических и абиотических факторов и установить их средние значения. Знание предельных показателей важно для сравнительного анализа будущих исследований, особенно в новых биотопах артемии. В случае значительного расхождения с данными, приведенными в табл. 22, исследователю следует критически отнестись к результатам своих исследований и обосновать причину таких расхождений. Средние значения в отдельных водоемах могут значительно отличаться от представленных в таблице значений. Но знать их также необходимо, особенно при прогнозных исследованиях.

Таблица 22. Абсолютные и средние значения абиотических и биотических факторов артемиевых водоемов

Параметры	единицы	min-max	M±m	Cv, %	n
<b>Абиотические факторы</b>					
Соленость	г/л	1,1-463,0	141,5±2,5	57	1137
pH	ед.	5,9-9,6	8,1±0,001	6	1023
Cl <sup>-</sup>	г/л	0,4-186,1	65,2±1,1	56	1023
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	г/л	0,1-147	27,0±1,0	94	983
Cl <sup>-</sup> /SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	-	0,1-296	6,1±0,4	94	979
N <sup>-</sup> [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ]	мг/л	0,0-2,2	0,1±0,001	305	202
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	мг/л	0,0-2,9	0,5±0,001	88	219
Fe <sub>общ.</sub>	мг/л	0,0-2,5	0,2±0,001	217	38
T	°C	-15 - +35	18,0±0,3	53	864
O <sub>2</sub>	мг/л	0,1-15,0	4,2±0,1	65	736
<b>Биотические факторы</b>					
B <sub>фитопл.</sub>	мг/л	0,0-116,7	2,0±0,3	458	286
B <sub>зооплан.</sub>	мг/л	0,0-2181,5	4,9±2,5	1665	784
N <sub>видов фитопланктона</sub>	ед.	1,0-12,0	5,0±0,1	49	106
N <sub>видов зоопланктона</sub>	ед.	0,0-6,0	1,9±0,01	59	1010
<b>Продукционные характеристики артемии</b>					
N <sub>рачков артемии</sub>	экз./л	0-5164	43,4±7,2	532	1034
B <sub>рачков артемии</sub>	мг/л	0-807	25,6±1,8	223	1047

$N_{\text{планктон.цист}}$	ЭКЗ./л	0-6757	128,4±11,4	285	1002
$N_{\text{бентосн.цист}}$	ТЫС.ЭКЗ./М <sup>2</sup>	0-18594	641,0±45,8	230	819
$V_{\text{цист}}$	кг/Га	0-570 (1240)	78,0±5,9	129	285
$N_{\text{самки с цистами}}$	%	0-100	73,8±0,8	36	608
$N_{\text{самки с яйцами}}$	%	0-100	25,1±0,8	99	553
$N_{\text{самки с науплиусами}}$	%	0-41,4	1,2±0,1	319	427
$N_{\text{цисты в овисаке}}$	ЭКЗ./овисак	0-90	21,8±0,5	68	593
$N_{\text{яйца в овисаке}}$	ЭКЗ./овисак	0-84	16,9±0,4	73	503
$N_{\text{науплиусы в овисаке}}$	ЭКЗ./овисак	0-41	4,7±0,3	186	230
Продолжительность созревания самок в озерах	сутки	21-35			
Продолжительность созревания в культуре	сут.	14-21			
Количество кладок		2-10	4,54±0,37		
Масса сырой цисты	мг	0,007 – 0,013	0,01		
Масса науплиуса	мг	0,013-0,018	0,015		
Масса взрослой самки	мг	0,8-14,2	4,1±0,1	45	313
Масса взрослого самца	мг	0,5-7,0	3,0±0,01	42	110
Диаметр цист	мкм	200-300	242,3±0,5	7	468
$C_w$ в озерах	в сутки	0,14-0,20			
$C_w$ в условиях культуры	в сутки	0,19-0,37			
$P/V$	за сезон	7,7-16,3	11,38±1,27		6
$P_2/P_1$		0,06-0,6	0,40±0,07		7
Продукция артемии за сезон	ккал/М <sup>2</sup>	130-596	301±89	66	6

Примечание:  $C_w$  скорость увеличения массы тела от вылупления до половозрелой стадии [ $C_w = \ln(w_2/w_1)/(t_2-t_1)$ , где  $w_1$  и  $w_2$  – масса организма в начале ( $t_1$ ) и в конце ( $t_2$ ) периода]

Анализ изменчивости факторов (см. табл. 22) свидетельствует о том, что более 90% анализируемых показателей имеют очень сильную колеблемость вариант вокруг средней. Особенно это касается биомассы зоопланктона ( $C_v=1665\%$ ), биомассы фитопланктона (458%), численности рачков артемии (532%). Высокий коэффициент вариации, полученный в наших исследованиях, еще раз свидетельствует о нестабильности и непостоянстве гипергалинных биоценозов во времени и пространстве.

## Глава 6 ПРОМЫСЕЛ ЦИСТ АРТЕМИИ

### 6.1 Многолетняя динамика промысла цист артемии в мире

Согласно литературным данным [379; 405], начало заготовки цист артемии датируется серединой прошлого столетия, когда в водоемах, расположенных близ залива Сан-Франциско (США) велся небольшой их промысел. Собранные цисты использовались как корм для аквариумных рыб и стоимость их была небольшой. С увеличением числа предприятий аквакультуры интерес к промыслу цист возрастает. В 1970-х гг. в Большом Соленом озере (штат Юта, США) уже заготавливалось более 100 т цист, в то время как в заливе Сан-Франциско - не более 10 т. С тех пор в течение многих лет Большое Соленое озеро было основным источником цист артемии, но урожай на озере был переменчив и зависел от погоды. В это время артемия получила мировое признание как идеальный живой корм для личинок рыб и ракообразных. Однако использование этого корма ограничивалось объемом производства и, следовательно, стоимостью. Поэтому, в 1980-х гг. район промысла цист стал расширяться. Так, в озерах Австралии, Бразилии и Китая промысел цист составлял около 10 тонн. С середины 1990-х годов на мировой рынок стали поступать партии цист артемии (более 100 тонн) из Центральной Азии: Туркменистана, Западной Сибири (Россия) и Казахстана. В 2015 г. на рынок из России и стран Центральной Азии поступало уже около 1 500 тонн в год. Поступление на мировой рынок цист из Китая (в отдельные годы более 500 тонн цист) осуществлялось в основном из трех источников: прибрежные соляные водоемы и внутренние соленые озера; озеро Айби и район Бохайского залива. Однако в последнее десятилетие Китай в основном только импортирует цисты в больших количествах из России и Центральной Азии. По имеющимся литературным данным [Литвиненко и др., 2015; 379], мировое производство цист артемии находится в пределах 3-4 тыс. т, в урожайные годы до 5 тыс. т цист в сухом весе и больше. При этом мировое производство цист артемии сосредоточено примерно в равных долях в следующих водоемах: Грейт-Солт-Лейк, озера Центральной Азии (Россия, Казахстан и Узбекистан) и Китая. На рис. 82 представлены основные источники поступления цист артемии на мировой рынок. В последние годы в результате значительного осолонения Западного участка Большого Арала появился новый источник цист артемии, сбор цист на котором в отдельные годы достигает 2-3 тыс. т сырья.



Рис. 82. Главные источники цист артемии на мировом рынке, в тоннах сухой массы (по Litvinenko et al., 2015 [419])

На рис. 83, где приведена динамика мирового промысла цист артемии за период 1985-2017 гг., хорошо видно, что до 90-х годов прошлого столетия промысел велся только на Great Salt Lake. В настоящее время роль этого водоема снизилась до 30%.

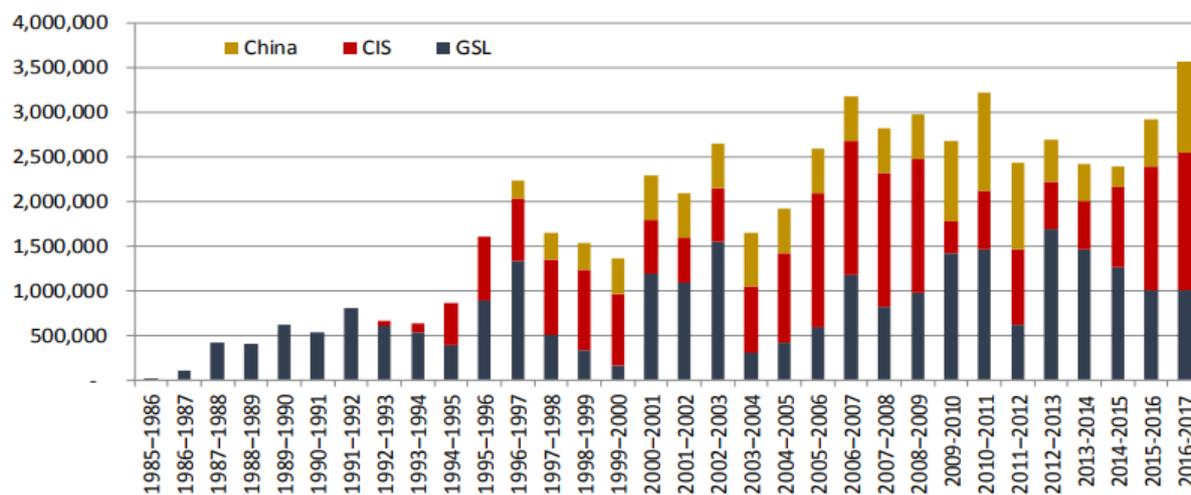


Рис.83 – Мировая продукция цист артемии с 1985 по 2017 гг., в кг сухой массы (по М. Hasan, 2017 [379]): China – Китай, CIS – страны (Россия, Казахстан, Узбекистан), GSL – Great Salt Lake

## 6.2 Промысел цист артемии в России

Промысел цист в России ведется с 70-х годов прошлого века. Основные промысловые озера находятся в Западной Сибири в регионах: Алтайский край, Курганская, Омская,

Новосибирская и Тюменская области (рис. 84). В Крыму имеется множество гипергалинных озер, но к промысловым относятся не более 10 (на них приходится около 2% от общего вылова цист по России).

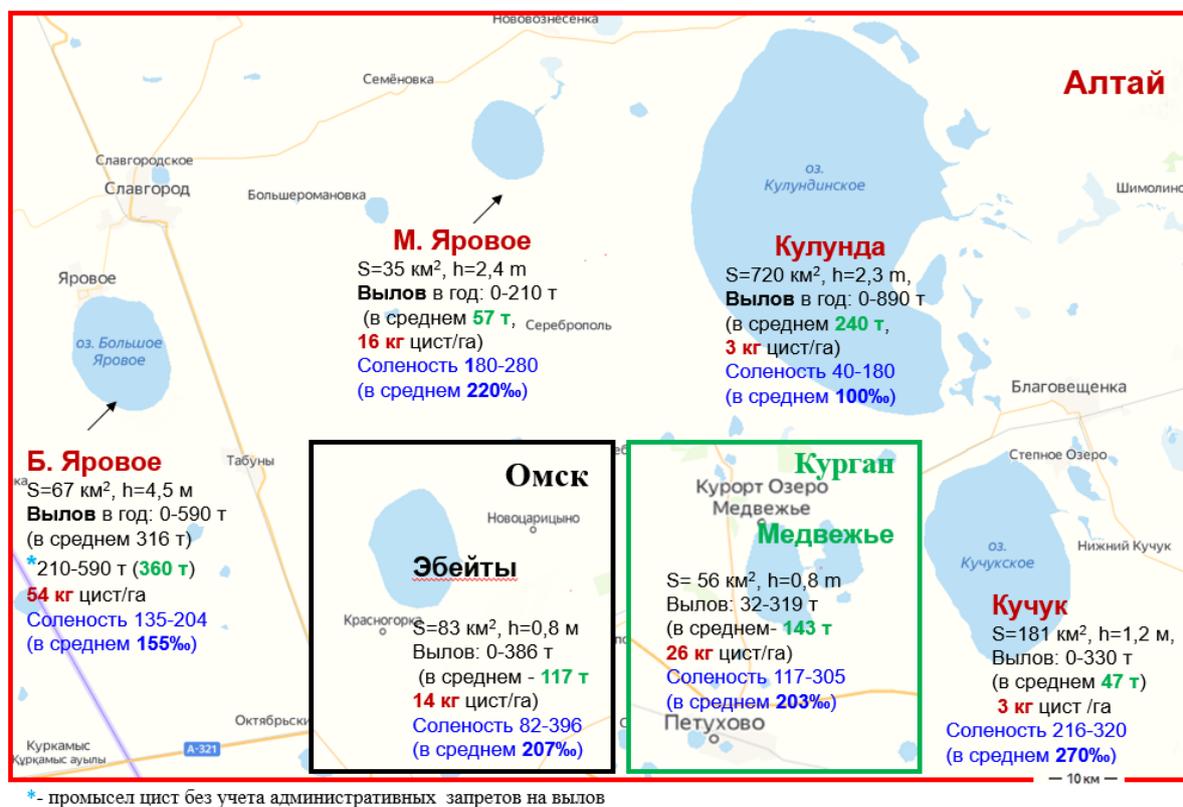


Рис. 84. Расположение и характеристика основных промысловых озер России с данными по ежегодному вылову цист

На рис. 84 для наглядности на карту Алтайского края были помещены вырезки из карт Омской и Курганской областей в одном масштабе, что позволяет сравнить площадь основных промысловых озер России. Из карты видно, что по площади самое крупное – озеро Кулундинское, второе – по площади Кучукское. Площади остальных озер имеют близкие по значению размеры. Самое глубоководное из озер: Б. Яровое (средняя глубина 4,5 м, максимальная 9 м), к среднеглубинным относятся озера М. Яровое, Кулундинское (2,3-2,4 м), к мелководным (с глубиной 0,8-1,2 м) относятся Кучукское, Эбейты, Медвежье. Глубина и площадь водоемов влияет на межгодовые колебания солености. По устойчивости экосистем озер (по отношению максимальных значений солености к минимальным) озера располагаются следующим образом: Б.Яровое (1,5), Кучук (1,5), М.Яровое (1,6), Медвежье (2,6), Кулунда (4,5), Эбейты (4,8). Такая неустойчивость отражается и на колебаниях промысла цист в разные годы. По отношению максимальных показателей промысла к минимальным – водоемы

расположены так: Б. Яровое (2,8), Медвежье (10), у остальных озер промысел в некоторые годы полностью отсутствовал. Поэтому для расчета устойчивости промысла взяты отношение максимальных показателей промысла к средним. В этом случае водоемы расположились так: Б.Яровое (1,9), Медвежье (2,2), Эбейты (3,3), М.Яровое (3,6), Кулунда (3,7), Кучук (7,0). Таким образом, самыми стабильными в отношении промысла является озера Б.Яровое и Медвежье, самым нестабильным озером – Кучук. По продуктивности на первом месте с большим отрывом находится озеро Б. Яровое (54 кг/га цист), на втором месте – Медвежье (26 кг/га), на третьем Эбейты (14 кг/га) и М.Яровое (16 кг). К наименее продуктивным относятся Кучук и Кулунда (3 кг/га). Представленные данные по среднемноголетнему промыслу цист (рис. 85) свидетельствуют о том, что 30% от всех заготовленных в России цист приходится на Б.Яровое и 20% - на Кулундинское, на третьем месте по значимости для промысла находятся мелководные озера Эбейты (10%) и Медвежье (12%), на четвертом – М.Яровое (5%) и Кучукское (4%), на все остальные озера приходится в целом 19%.



Рис. 85. Промысел цист артемии в озерах России: в среднем по многолетним данным (в тоннах и % от общего промысла)

В целом всю историю промысла цист артемии можно условно разбить на три периода (рис. 86):

1 период: 1977-1994 гг. Обусловлен необходимостью обеспечения внутренних потребностей рыбоводных хозяйств СССР и России. Некоторая часть использовалась в аквариумистике, значительная часть - в птицеводстве. Основной регулярный промысел цист проводился на озере Большое Яровое (Алтай) и единично: на озерах Малое Яровое (Алтай) и Сиверга (Тюмень). В этот период ежегодно заготавливалось от 1 до 270 т цист (в среднем- 65 т).

2 период: 1995-2004 гг. Характеризуется возникновением мирового дефицита цист и увеличением коммерческого интереса к промыслу. В это время создаются предприятия по заготовке и переработке цист. Основная часть цист отправляется за границу (Китай). Регулярный промысел уже велся в 5 регионах Западной Сибири на 26 озерах общей площадью 1130 км<sup>2</sup>. Вместе с увеличением количества промысловых озер более чем в 10 раз увеличился объем заготовленных цист (ежегодно 84-1119 т, в среднем – 642 т).

3 период: 2005-2020 гг. Промысел велся в 6 регионах Западной Сибири на 75 озерах общей площадью 1460 км<sup>2</sup>. Объем промысла в этот период увеличился почти в 2 раза по сравнению с предыдущим периодом и достиг в среднем 1207 т. Небольшой промысел (до 30 т) отмечен в водоемах Крыма.

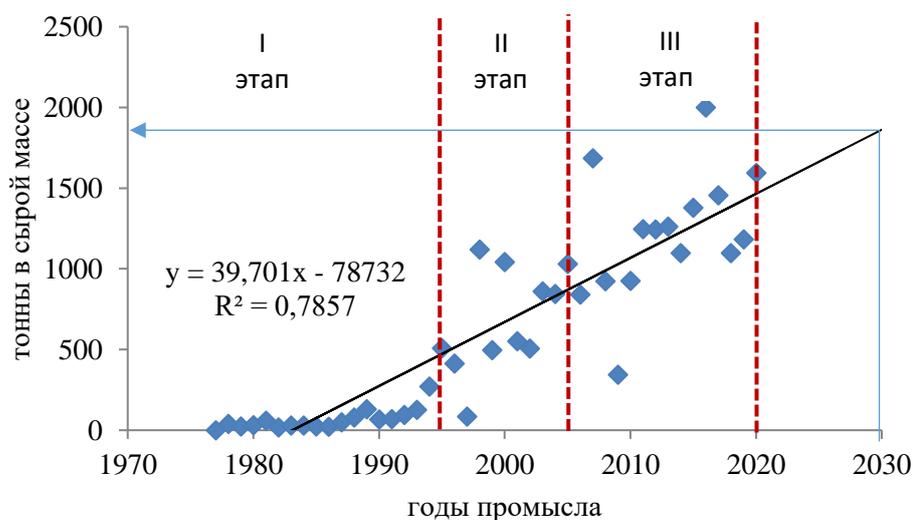


Рис. 86. Промысел цист артемии в России

Согласно тренду (см. рис. 86), в 2030 г. вылов цист достигнет 1850 т. В последние годы в России ежегодно заготавливается около 1500 тонн цист. В промысле участвуют до 20 организаций, среди них наиболее крупные: ООО «Арсал» (озеро Б.Яровое), ООО Рыбовод Алтая (Кучукское) ООО «К-Ником» (Эбейты, Ульжай), ООО "Аквакультура Зауралья» (Медвежье), ООО «Биокапитал» и ООО «Биосалина» (ранее ОАО Кучуксульфат) (Кучукское,

Кулундинское), ООО «Динат Внешторг» (Малое Яровое, Малиновое) и другие. В 2016 г. был рекордный урожай – 2000 т.

Объемы добычи цист артемии определяются не только природными запасами, но и человеческим фактором. Слабая организация промысла, отсутствие эффективных каналов сбыта продукции, а также высокая материальная затратность промысла снижают объемы добычи [132]. Устранение этих факторов позволит увеличить промысел, поскольку в водоемах остается неосвоенный запас цист.

В большинстве мелководных озер в основном используется механизированный ручной сбор с береговой линии и только на озере Большое Яровое ведется добыча с воды с использованием катеров и насосов глубокой закачки. При осуществлении добычи артемии в озерах применяются любые отцеживающие, тралящие, ставные орудия добычи (сачки, концентраторы малые и большие, тралы-накопители, заколы-уловители, сети), тралящие ловушки с размером (шагом) ячеи более 2 мм. Разрешается сбор цист вдоль уреза и с прилегающей прибрежной полосы скребками, совковыми лопатами и другими ручными инструментами на берегу из штормовых выбросов, а также с поверхности воды с применением любых орудий добычи (вылова) и плавучих средств.

Первичная промывка рапой озера проводится на берегу сразу после заготовки, затем цисты помещают в мешки и отправляют в холодильный склад (температура от 0 до минус 20 °С) для последующей переработки. В зависимости от сроков заготовки цист продукт находится в холодильниках и проходит период диапаузы в них до 6 месяцев.

По результатам мониторинга качества вылупления продукции, хранящейся на складе, принимается решение о его последующей переработке, которая включает мойку в пресной воде, дезинфекцию (обработка гипохлоритом) и сушку.

Конечному пользователю помимо сухого отгружается промытый стекший продукт, который, как правило, более низкого качества. Страны потребители такого продукта Китай и Юго-Восточная Азия (Вьетнам и Таиланд).

Заготовленные цисты внутри России используются в качестве стартового корма для личинок осетровых и сиговых рыб, клариевого сома.

Часть цист идет на потребности аквариумистики, а также на косметические и фармакологические препараты.

В целом в стране используется не более 10% от заготовленных цист. Основная часть цист отправлялась в Китай и в другие страны Юго-Восточной Азии (Таиланд, Вьетнам), в Европу (Турция) и Америку (Эквадор, Бразилия, Мексика).

### 6.3 Влияние промысла цист на экосистему гипергалинного водоема

Проблема комплексного устойчивого использования водных ресурсов, в том числе ресурсов гипергалинных водоемов, к которым относятся минеральные соли, лечебные грязи, цисты и рачки артемии, а также рекреация, актуальна во всем мире. Основной представитель фауны таких водоемов - жаброногий рачок артемия, приспособившийся к жизни в экстремальных условиях, относится к ценным видам биоресурсов. Сохранить этот ресурс и не нарушить экосистему водоема – важная задача как экологов, так и пользователей (заготовителей) этого ресурса. При этом организация крупномасштабного промысла цист артемии должна сопровождаться не только комплексным исследованием процессов, протекающих в экосистеме гипергалинного озера, но и всесторонней оценкой возможных последствий.

Такое исследование было проведено на примере экосистемы наиболее изученного озера Медвежье, расположенного в Курганской области [422].

Эколого-биологический мониторинг на этом озере велся в течение 23 лет (1995-2018 гг.) с периодичностью 2-5 экспедиций в год. В 2000-2003 гг. проводился круглогодичный мониторинг, при этом частота съемок увеличилась до 7-18 в год. Видовой и количественный состав фитопланктона были исследованы в 2000-2006 гг. Эксперименты по первичной продукции проведены в 2000-2001 гг., результаты которых были опубликованы в печати [153]. Продукция рачков и цист рассчитана для сезонов 2001-2003 гг. Методы отбора гидробиологических и гидрохимических проб, и их обработка освещены в литературе [422]

Озеро Медвежье является наиболее типичным мелководным гипергалинным водоемом Западной Сибири, расположенным в полосе южной лесостепи степной зоны, лесостепной подзоны. Для местности характерна резкая континентальность с преобладанием испаряемости над поступлением осадков. Озеро состоит из двух частей: Большое Медвежье площадью 38,3 км<sup>2</sup> и Малое Медвежье, площадью 18,1 км<sup>2</sup>, соединенных протокой, шириной около 100 м и длиной 1 км, которая в засушливые годы пересыхает. Глубина озера в большинстве мест не превышает 1–1,5 м. В наиболее засушливые годы (2010-2012 гг.) средняя глубина озера составила 0,4-0,5 м. Дно ровное, плоское, покрытое сильноминерализованными среднесульфидными материковыми иловыми глинами, мощностью до 60-70 см [145]. С 1925 г. на озере проводится организованное санаторно-курортное лечение, с 2014 г. - добыча лечебных грязей [196, 145].

### 6.3.1 Физико-химические условия в озере

Соленость воды в озере менялась в пределах от 110 до 320 г/дм<sup>3</sup> (рис. 87) и зависела от водности года. Основу минерального состава воды составляет хлорид натрия (в среднем 82% от суммы ионов). Содержание сульфатов в течение сезона колебалось от 1,7 до 25,5%. Доля их меньше всего в зимнее время (1,7–8,8%) за счет осаждения мирабилита и самая высокая – в апреле – мае (13,3–25,5%). Доля основных ионов рапы в озере по среднемноголетним данным представлена на рис. 88. Перманганатная окисляемость воды - высокая (12,0–92,4 мгО/л), БПК<sub>5</sub> – в пределах 1,4–4,1 мгО<sub>2</sub>/л, рН в среднем составляет 7,7–8,3. Вода жесткая (360–1400 мг-экв./л). Из-за высокой плотности воды содержание кислорода, как правило, не превышало 6,0 мг/л, а при высокой температуре опускалось до 0 мгО<sub>2</sub>/л, что приводило к массовой гибели рачков артемии. В 2000 г. такая ситуация наблюдалась во многих водоемах Курганской области [196].

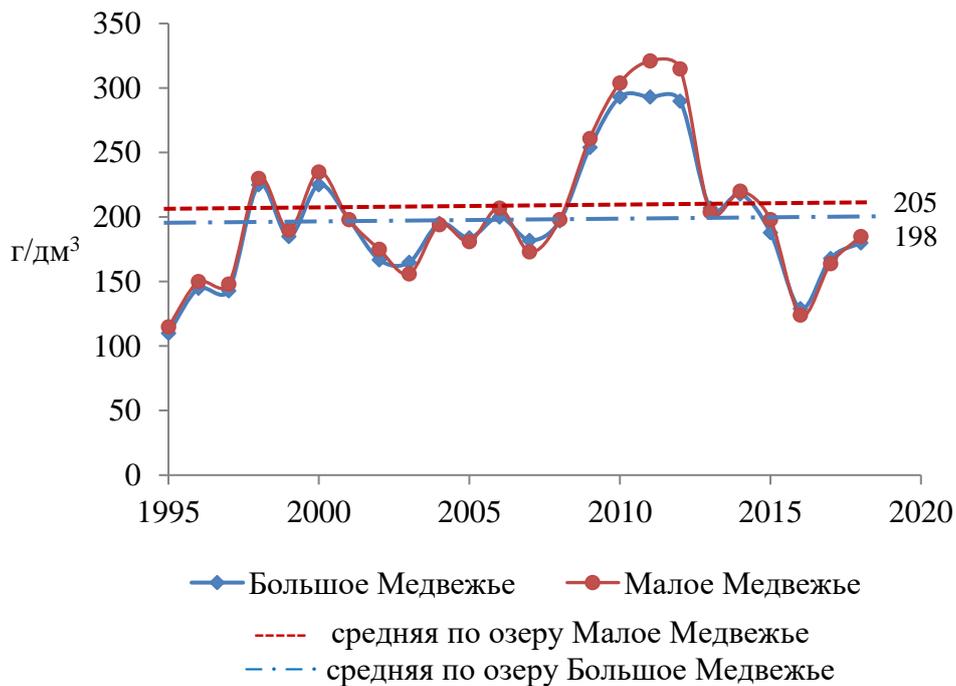


Рис. 87. Многолетняя динамика солености воды в озере Медвежье (по Litvinenko et al., 2020 [422])

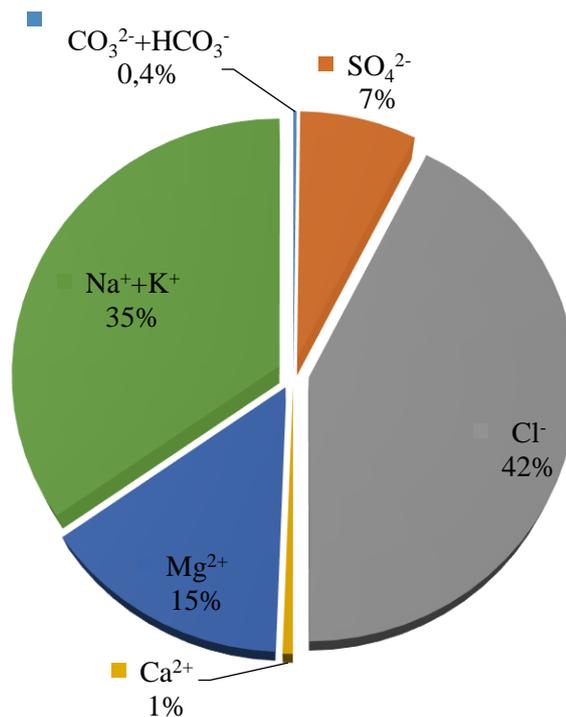


Рис. 88. Химический состав рапы озера Медвежье (по Litvinenko et al., 2020 [422])

Благодаря мелководности (среднегодовая глубина в пределах 40-150 см) в озере наблюдается гомотермия. В годовой динамике температуры были выявлены следующие закономерности:

- в течение года амплитуда колебаний температуры составляла 43-48<sup>0</sup>С;
- максимальная летняя температура - 36-38<sup>0</sup>С, минимальная зимой до минус 13-19<sup>0</sup>С [196];
- прогрев воды до 5<sup>0</sup>С и выше (сопровожаемый вылуплением науплиусов из перезимовавших цист) наблюдался в середине - конце апреля, снижение температуры воды до 5<sup>0</sup>С и ниже (сопровожаемое гибелью рачков) наблюдалось в конце сентября – октябре;
- температура воды в летний период в основном в пределах оптимума для рачков артемии (20-26<sup>0</sup>С).

Прозрачность воды в тихую солнечную погоду, как правило, до дна. При волнении, из-за взмучивания донных (грязевых) отложений, менее 30 см.

Образование льда на озере наблюдалось в конце декабря. Лед рыхлый. При высокой солености (более 300 г/дм<sup>3</sup>) лед не образовывался.

### 6.3.2 Фитопланктон

За весь период исследований в составе фитопланктона озера было выявлено 14 видов и разновидностей, относящихся к 3 отделам водорослей: зеленые, диатомовые и синезеленые. К доминирующим видам относились *Dunaliella salina*, *D. viridis*; *Nitzschia angustata*, *Lingbya limnetica*. Индекс видового разнообразия был очень низок и находится в пределах 1,07-1,83 бит/мг. В экологическом отношении фитопланктон представлен, в основном, солоноватоводным комплексом широко распространенных, истинно- и факультативно-планктонных видов, относящихся к  $\beta$ -мезосапробам. В количественном отношении в фитопланктоне преобладали зеленые, в частности вольвоксовые, и диатомовые водоросли, на третьем месте – цианобактерии. За весь период наблюдений биомасса фитопланктона колебалась в пределах 0,01-8,6 мг/л, составляла в среднем –  $0,75 \pm 0,11$  мг/л ( $n=49$ ) или 7,5 кг/га. Причем функционирование фитопланктона происходило круглый год, и даже в зимние месяцы биомасса фитопланктона была соизмерима с летними показателями. Так, биомасса фитопланктона в мае-сентябре, в период развития в биоценозе рачков артемии, была в среднем равна  $0,77 \pm 0,18$  мг/л, ( $n=30$ ); а в октябре-марте, при отсутствии активных фильтраторов, составляла в среднем  $0,74 \pm 0,13$  мг/л ( $n=19$ ).

Относительно низкая биомасса фитопланктона в летний период объясняется тем, что фитопланктон в это время находится под сильным прессом таких мощных фильтраторов, как артемия. При отмирании рачков осенью и при начале их развития весной – наблюдаются вспышки в развитии фитопланктона (рис. 89).

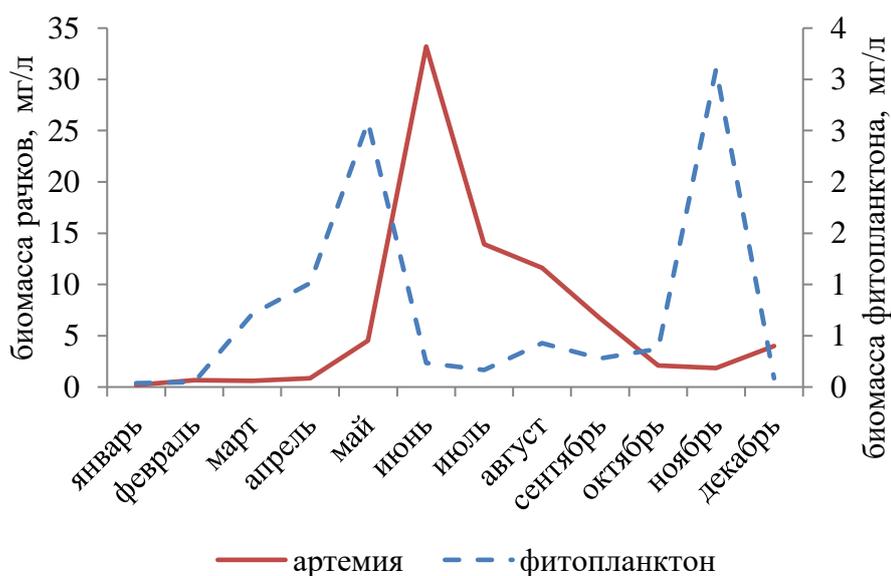


Рис. 89. Годовая динамика фитопланктона и рачков артемии (по усредненным данным за 2000-2006 гг.) (по Litvinenko et al., 2020 [422])

Между биомассой фитопланктона и биомассой рачков артемии установлена слабая отрицательная связь ( $r=-0,17$ ,  $n=43$ ). Функционированию фитопланктона в зимнее время способствуют как световые условия (рыхлый тонкий лед, либо его отсутствие при высокой солености), видовой состав (диатомовые), так и отсутствие в биоценозе потребителей. Круглогодичное функционирование фитопланктона отмечено также в озере Кояшское [81], причем зимой создавалось больше первичной продукции, чем летом из-за отсутствия непосредственных потребителей фитопланктона.

Валовая первичная продукция фитопланктона в озере была в пределах  $0,01 - 3,6 \text{ мгО}_2/\text{л}$  в сутки и в среднем составляла около  $1,0 \text{ мгО}_2/\text{л}$  или  $0,3 \text{ гС}/\text{м}^2$  в сутки.

Анализ функционирования фитопланктона показал, что альгоценоз озера в виду его мелкоклеточности (в среднем  $231 \pm 21 \text{ мкм}^3$ ), определенного видового состава (особенно, наличия вольвоксовых), а также, вероятно, по причине некоторых физиологических особенностей, является высокопродуктивным. Так, суточные значения А/В-коэффициента фитопланктона озера находились в пределах  $0,03-12,58$  и в среднем были равны  $2,8$ . При максимальных значениях А/В-коэффициентов в планктоне преобладали наннопланктонные формы из вольвоксовых и цианобактерий.

С учетом круглогодичного функционирования фитопланктона в озере, его годовая продукция составила  $88 \text{ гС}/\text{м}^2$  или  $987 \text{ ккал}/\text{м}^2$ , что соответствует  $8390 \text{ кг}/\text{га}$ . Этот показатель по шкале трофности соответствует эвтрофному типу озер.

### 6.3.3 Зоопланктон

Зоопланктон озера очень беден. За весь период исследований было обнаружено только 5 видов, из которых 2 вида ракообразных (*Cletocamptus retrogressus* и *Artemia*), 2 вида личинок насекомых (*Ephydrae* и *Chironomidae*) и 1 вид круглых червей (*Nematoda*). Биомасса зоопланктона (без артемии) находилась в пределах  $0-1,5 \text{ мг}/\text{л}$  (в среднем  $0,08 \pm 0,02 \text{ мг}/\text{л}$ ,  $n=195$ ), в пересчете на площадь -  $0,8 \text{ кг}/\text{га}$ , биомасса рачков артемии – в пределах  $0-359,4 \text{ мг}/\text{л}$  (в среднем  $21,9 \pm 3,2 \text{ мг}/\text{л}$ ,  $n=195$ ) или  $219 \text{ кг}/\text{га}$ .

Продукция артемии, рассчитанная в озере в течение трех сезонов (2001-2003 гг.), находилась в пределах  $130-451 \text{ ккал}/\text{м}^2$  и в среднем составила  $315 \text{ ккал}/\text{м}^2$  в сезон ( $2678 \text{ кг}/\text{га}$  в год) или  $150 \text{ мгС}/\text{м}^2$  в сутки. По усредненным данным сезонный Р/В-коэффициент равен  $12,6 \pm 2,4$ , суточный –  $0,07$ . За сезон принят период развития в озере рачков артемии (с середины апреля по середину октября, равный 180 суткам).

Доля суточной продукции артемии от эффективной (чистой) первичной продукции фитопланктона составила 62,5%.

В планктоне помимо рачков артемии были встречены их цисты в количестве от 0 до 6757 экз./л (в среднем –  $237,9 \pm 43,6$ ;  $n=195$ ), в пересчете на биомассу – 2,4 мг/л или 24 кг/га.

#### 6.3.4 Бентос

. Зообентос представлен личинками мухи-береговушки семейства Ephydriidae, и цистами артемии. Личинки рода *Ephydra* Fallen, 1810 присутствовали в каждой третьей пробе в количестве от 10 до 200 экз./м<sup>2</sup> (в среднем - 17,5 экз./м<sup>2</sup>), при этом биомасса их была незначительной - около 0,12 г/м<sup>2</sup> (1,2 кг/га).

Донные цисты артемии встречались в озере почти круглый год, их отсутствие было отмечено лишь в отдельных пробах в зимние и весенние месяцы. Средняя по станциям численность цист была в пределах от 0 до 18,6 млн экз./м<sup>2</sup>, биомасса колебалась от 0 до 186 г/м<sup>2</sup>, составляя в среднем за период исследований 109,6 кг/га.

#### 6.3.5 Продуктивность цист

Ежегодная продуктивность цист за 24 года исследований (рис. 8) была в пределах от 42 кг/га (1999 г.) до 303 кг/га (2002 г.), то есть различалась в 7 раз. В период 1995-2018 гг. запасы цист в озере составили в среднем  $114,5 \pm 14,3$  кг/га ( $Cv=58\%$ ). Средняя продуктивность за весь период – более 100 кг/га в год, согласно принятой градации [180] характеризует этот водоем как высокопродуктивный.

#### 6.3.6 Промысел цист и влияние его на экосистему озера

Официальный промысел цист артемии ведется на озере Медвежье с 1995 г. До этого периода он был незначительным ввиду отсутствия источника сбыта. В период 1995-2018 гг. вылов составил  $23,7 \pm 5,8$  кг/га ( $Cv=60\%$ ). Каждый год в озере заготавливалось цист в среднем 20% от годовой продуктивности. Таким образом, значительная часть цист (около 90 кг/га), при такой интенсивности промысла, остается в озере и служит источником пополнения численности 1-ой генерации рачков в весенний период.

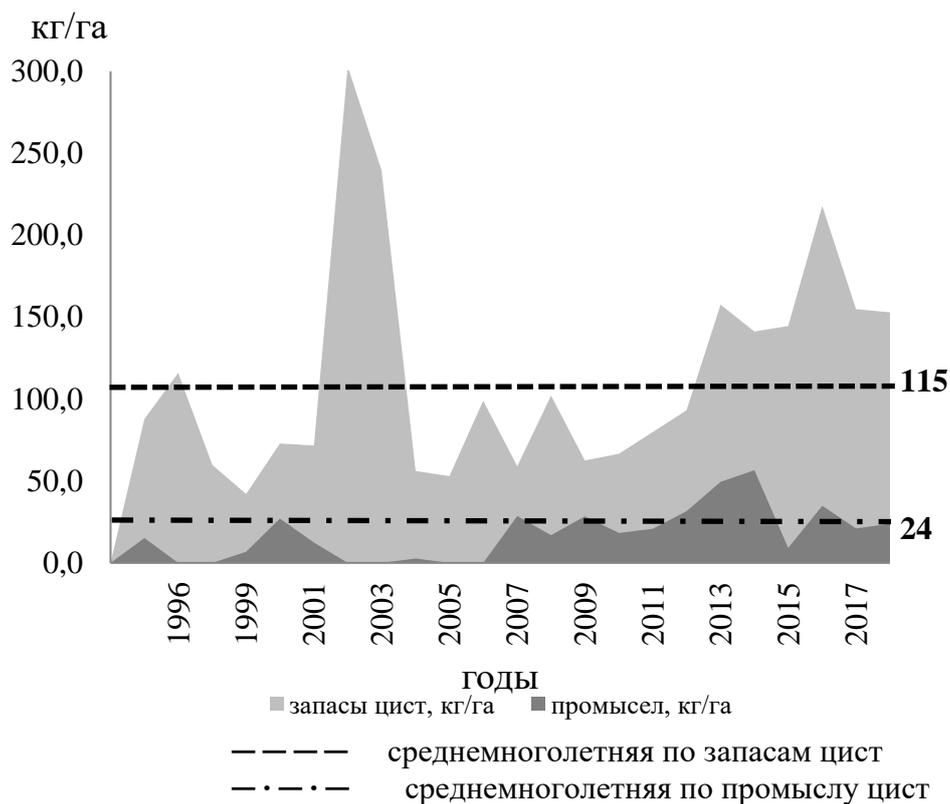


Рис. 90. Многолетняя динамика запасов и промысла цист артемии в озере Медвежье (по Litvinenko et al., 2020 [422])

Согласно представленным материалам, в целом по озеру Медвежье главные составляющие экосистемы озера: продукция фитопланктона - продукция артемии - продукция цист артемии находятся в следующем соотношении – 8390: 2678: 115 кг/га/год. При переводе в процентное соотношение эта пропорция будет выглядеть следующим образом: 75: 24: 1%. Изъятие цист артемии из озера в количестве 24 кг/га составляет лишь 0,22% от биомассы всех рассмотренных компонентов, что ничтожно мало по сравнению с остальными компонентами биоценоза и по этой причине не могло оказывать существенное влияние на экосистему озера.

Многочисленные литературные данные как зарубежных ученых [322; 344; 429; 462; 491; 509; 513; 522], так и российских [20; 54, 55; 82; 227; 229; 416; 418; 419; 421; 485; 486 и др.] свидетельствуют о значительном влиянии солености воды на развитие артемии в водоемах и всю экосистему в целом. Из собственных и литературных данных можно сделать вывод: рачки артемии встречаются в пределах солености 30-400 г/л; при солености 70-230 г/л развиваются нормально; соленость в пределах 70-150 - оптимальна для продукции рачков, 110-200 – для продукции цист; при солености 30-50 и 250-400 – рачки встречаются единично.

В озере Медвежье соленость в разные годы колебалась в пределах от 110 до 330 г/л, в среднем за весь период исследования – около 200 г/л, то есть была в пределах оптимума для

производства цист артемии. Таким образом, озеро Медвежье можно отнести к типичным промысловым артемиевым водоемам, из чего следует, что полученные нами выводы о влиянии промысла цист на экосистему гипергалинного мелководного водоема, являются общими для подобных озер.

Высокая соленость воды гипергалинных водоемов способствует снижению биоразнообразия как фауны, так и флоры, об этом свидетельствует малое количество видов фитопланктона, зоопланктона и зообентоса в озере Медвежье. Кроме этого, такая соленость приводила к предельному упрощению трофической планктонной цепи, по сути, до "монокультуры" артемии. Так, в озере Медвежье не было обнаружено представителей фитобентоса за небольшим исключением береговой линии. Объяснение этому дается в работе Е.В. Балушкиной с соавторами [15], которые исследуя водоемы Крыма показали, что при солености 100‰ первичные продуценты представлены в основном донными макроводорослями, при дальнейшем повышении солености (до 120‰ и более) происходит редукция бентосной трофической цепи и упрощение планктонной. С увеличением солености до 184–340‰ первичные продуценты представлены исключительно водорослями планктона, трофическая планктонная цепь предельно упрощается, в озерах обитает лишь артемия. При этом в отсутствие пресса хищников и пищевых конкурентов эффективность утилизации энергии первичных продуцентов артемией резко возрастает.

Средние значения годовой первичной продукции, полученные в озере Медвежье, равные 88 гС/м<sup>2</sup> очень близки к годовой первичной продукции, рассчитанной В.В. Бульоном [33] для озер Крыма (25-110 гС/м<sup>2</sup>), что служит свидетельством схожести продуктивности сибирских озер, несмотря на их более северное положение, с южными озерами Крыма.

Круглогодичное функционирование фитопланктона в озере Медвежье, показанное нами, также характерно для соленых водоемов Крыма. Так, М.С. Голубковым [81] было отмечено, что именно в зимний период в процессе фотосинтеза происходит накопление органических веществ, которые в последующем либо накапливаются в донных отложениях, либо используются биотой в следующий летний сезон.

Значения продукции артемии, рассчитанные в озере Медвежье по трем сезонам (1105-3834 кг/га/год), были несколько ниже значений продуктивности южнее расположенных пяти мелководных гипергалинных водоемов Северо-Восточного Казахстана: 134-11745 кг/га, в среднем - 4142 кг/га [176] и соответствовали нижней границе продуктивности глубоководного озера Great Salt Lake (США, штат Юта), расположенного на широте 41°00'N, годовая продукция артемии в котором оценивалась в пределах от 100 до 200 г/м<sup>2</sup> сухой массы [411] или в переводе на сырую около 3000-8000 кг/га.

В связи с упрощенной трофической системой гипергалинного водоема основным консументом произведенной в озере первичной продукции можно считать артемию. В озере Медвежье доля продукции артемии от первичной продукции фитопланктона составила 62,5%. Подобные данные (54-68%) были получены для озера Кояшское [15, 16] при солёности близкой солёности озера Медвежье. Полученные результаты свидетельствует скорее всего о неучтенных в этих исследованиях некоторых кормовых ресурсах. Во-первых, это растворенное органическое вещество (РОВ), которое, по литературным данным [472], превышает в среднем по соленым водоемам мира взвешенное органическое вещество ВОВ в 2,3 раза. Во-вторых, не учтена продукция галофильных бактерий, которая, судя по публикациям [149], может составлять до 50% от первичной продукции.

Установленная в этом исследовании величина изъятия цист артемии из озера Медвежье в количестве 24 кг/га, составляющая 0,22% от биомассы всех рассмотренных компонентов, по сути еще меньше, если учесть РОВ и продукцию микроорганизмов. Исходя из этого можно заключить о том, что при существующих технологиях промысла цист артемии в мелководных водоемах, вмешательство в экосистему гипергалинного водоема ничтожно мало.

Ранее [153] нами были показаны некоторые закономерности годовой динамики цист и их продуцирования в целом, а именно то, что мощность 1 генерации не оказывает существенного влияния на численность рачков 3 генерации, продуцирующей промысловые запасы цисты. Наоборот, из-за высокой плотности рачков 1-ой генерации подрывается кормовая база для последующих поколений, при этом выживаемость рачков первой генерации резко снижается (рис. 91). При плотности 1-ой генерации более 2 тыс. науплиусов/л выживаемость близка 0%.

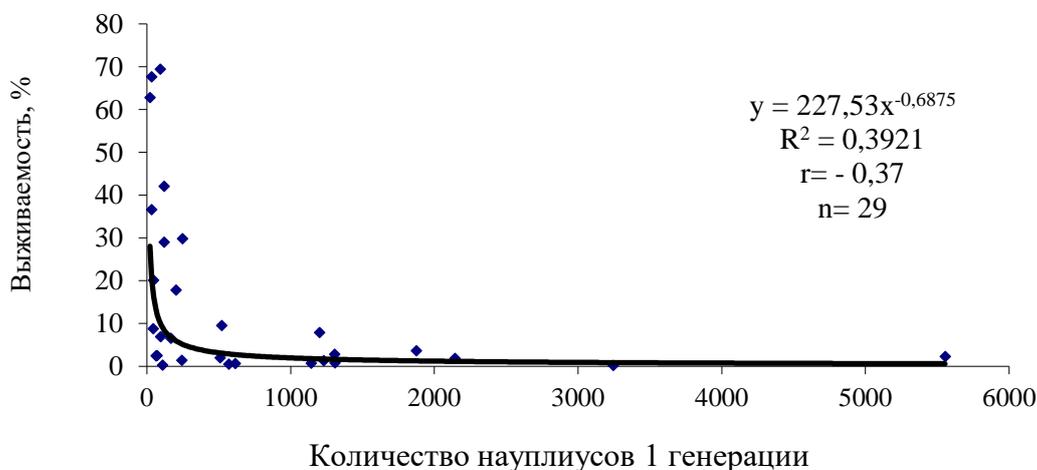


Рис. 91. Зависимость между количеством науплиусов I генерации и их выживаемостью

Согласно данным зарубежных ученых [429; 453], оптимальная плотность для первой генерации артемии составляет 5-20 науплиусов/л. Наши исследования [153; 421], результаты которых отражены в новой методике определения запасов цист [180], показывают, что для мелководных водоемов необходимая плотность цист для воспроизводства популяции на следующий сезон, то есть в период 1-ой генерации, составляет 10 кг/га, что соответствует плотности 100 цист/л (25 науплиусов/л с учетом вылупляемости цист в весеннее время). Согласно полученным нами усредненным данным, в биоценозе озера Медвежье после промысла остается около 90 кг/га цист, то есть почти в 9 раз больше указанной плотности. При такой остаточной биомассе цист с учетом процентов их вылупления в весеннее время численность науплиусов 1 генерации в среднем равна 225 экз./л. Исходя из литературных данных по выживаемости рачков 1-ой генерации [153], было установлено, что при плотности науплиусов 1000-6000, 100-1000 и <100 экз./л выживаемость соответственно равна  $2,4 \pm 0,8\%$ ,  $13,9 \pm 4,4\%$  и  $30,8 \pm 10,3\%$ . Таким образом, остаточная после промысла плотность цист выше оптимальной в несколько раз, при этом выживаемость вылупившихся науплиусов низкая. Увеличение интенсивности промысла могло бы повысить выживаемость рачков и в конечном итоге увеличить продукцию цист в водоеме. При данном уровне промысла его роль на экосистему озера незначительна.

Таким образом, изъятие цист артемии из озера Медвежье в количестве 24 кг/га, составляющее 0,22% от биомассы изученных компонентов биоценоза, не может оказывать существенное влияние на экосистему озера. При существующих технологиях из озера изымается только 15% от общих запасов цист. Остаточная после промысла численность цист является в большинстве случаев избыточной для формирования численности 1-ой генерации артемии. Увеличение интенсивности промысла цист артемии позволит снизить численность рачков 1-ой генерации, увеличить их выживаемость и сохранить кормовую базу для последующих генераций.

Поскольку промысел цист существенно не влияет на экосистему гипергалинных водоемов, то и на образование лечебных грязей в таких водоемах его роль не существенна [160].

#### **6.4 Пространственное распределение цист артемии в природных соленых водоемах, роль бентосных цист в общих запасах**

В природных водоемах цисты артемии распределены неравномерно как по глубине, так и по акватории, что обусловлено гидрологическими факторами: температурой воды,

колебанием ее солености, а также ветровой деятельностью. Немаловажное значение в распределении артемий имеет морфометрия озера, а именно форма котловины. Так, в работах В.П. Соловова и Т.Л. Студеникиной [241], показано, что в относительно глубоководном оз. Большое Яровое, как и в мелководном оз. Соленое, в течение всего вегетационного сезона наблюдается концентрация науплиусов и младших возрастных групп в прибрежной и мелководной зонах озера. При изучении распределения артемии по акватории сибирских мелководных озер [153] было отмечено, что из всех возрастных стадий артемии распределение по водоему цист наиболее неравномерное: цисты больше подвержены способности образовывать скопления.

В соленых водоемах имеются как планктонные, так и бентосные цисты (опустившиеся на дно водоемов из-за более высокого удельного веса). Наибольшее количество бентосных цист отмечено в водоемах с соленостью 77-144 г/л [416]. Анализ многолетнего массива данных по численности цист сибирских популяций показал, что в мелководных озерах при средней глубине равной 1 метру, на 1 м<sup>2</sup> площади озера приходится около 850 тыс. планктонных и бентосных цист, причем 13 % этих цист находится в толще воды, а 87 % - лежит на дне [153]. С учетом сырой масса цист – на 1 га площади, в среднем по изученным сибирским популяциям артемии, находится около 85 кг цист. Таким образом, продуктивность цист в сибирских озерах достаточно велика. Эти показатели соответствуют урожаю цист в продуктивных биотопах [458; 533], но значительно меньше продуктивности прудов Тайланда – 153 кг/га/сезон [493] и Филиппин – 70 кг/га/месяц в сухом весе [392]. Однако основная часть этих цист недоступна для промысла, поскольку находится на дне.

Оценка роли бентосных цист в экосистеме мелководных гипергалинных озер России дается как в отечественной литературе [156; 157; 169, 170], так и литературе сопредельных стран [61]. Так, аналогичные результаты были получены на озере Жамантуз (Казахстан) и сделан вывод о том, что при солености от 0 до 120 г/л бентосных цист около 50-70%, при увеличении солености от 120 до 200 г/л происходит резкое их уменьшение - от 50 до 10%.

Таким образом, в мелководных водоемах (глубина около 1 м) бентосные цисты доминируют в общих запасах цист, при этом вертикальное распределение цист не играет решающую роль, поскольку цисты, опустившиеся на дно при волнении, могут подняться в толщу воды.

В глубоководных водоемах (средняя глубина 4 м и больше) вертикальное распределение цист является важным параметром как для оценки общих промысловых запасов цист, так и роли этих цист в формировании 1 весенней генерации артемии. Неравномерность в горизонтальном и вертикальном направлении акватории озера плотности цист в толще воды

отмечена алтайскими учеными еще в 1990 г. [241]. В 2000 г. в исследованиях, проведенных сотрудниками СибрыбНИИпроекта, при изучении послойного распределения цист в толще воды глубоководного водоема (озеро Большое Яровое) зафиксировали процесс концентрации цист в придонном слое. Так, на мелководных станциях отбора проб (1-5, 8-9) цисты встречались практически по всей толще воды в пределах глубин 0-4,0 м; при этом в отдельных случаях в слое воды 2,0 - 4,0 м цист было больше, чем в приповерхностном слое (табл. 23).

Таблица 23. Распределение цист в толще воды оз. Большое Яровое (16-17.09.2000), тыс.экз./м<sup>3</sup>

Слой (м)	Станции отбора проб									Средние по станциям
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0-2	100,4	225,2	147,2	201,6	277,2	240,8	137,2	384,4	442,0	239,6
2-4	94,8	147,2	192,8	204,0	142,0	289,2	324,4	512,4	289,2	244,0
4-6	-	-	-	-	-	174,4	53,2	170,0	115,2	128,2
6-8	-	-	-	-	-	276,5	354,0	-	-	315,3

Примечание: - нет данных

В слое от 4,0 до 6,0 м количество цист заметно уменьшилось, и снова увеличилось в придонном слое (6,0-8,0 м). Послойное среднее значение численности цист представляется рядом: 239,6 - 244,0 - 128,2 - 315,3 тыс.экз./м<sup>3</sup>. Был сделан вывод о необходимости при расчете рекомендованного вылова учитывать "жилую" зону цист слоем 0 - 4,0 м, или объемом 264 млн м<sup>3</sup>. Самки рачков с невыметанными цистами в период исследования находились на всех глубинах озера (в Б. Яровом - до 5-6 м), поэтому в расчетах глубину "жилой" зоны самок было рекомендовано принимать по средней глубине озера.

Исследования, проведенные в августе 2018 г. на акватории озера Большое Яровое, показали, что основная часть артемии сосредоточена в 4-х метровой толще воды, причем максимум приходился на глубину - 3 м (рис. 92). Из расчета были исключены прибрежные станции, где численность молоди была в пределах 19-140 экз./л, предвзрослых и взрослых - 0,02-6,0, цист - 33-347 экз./л.

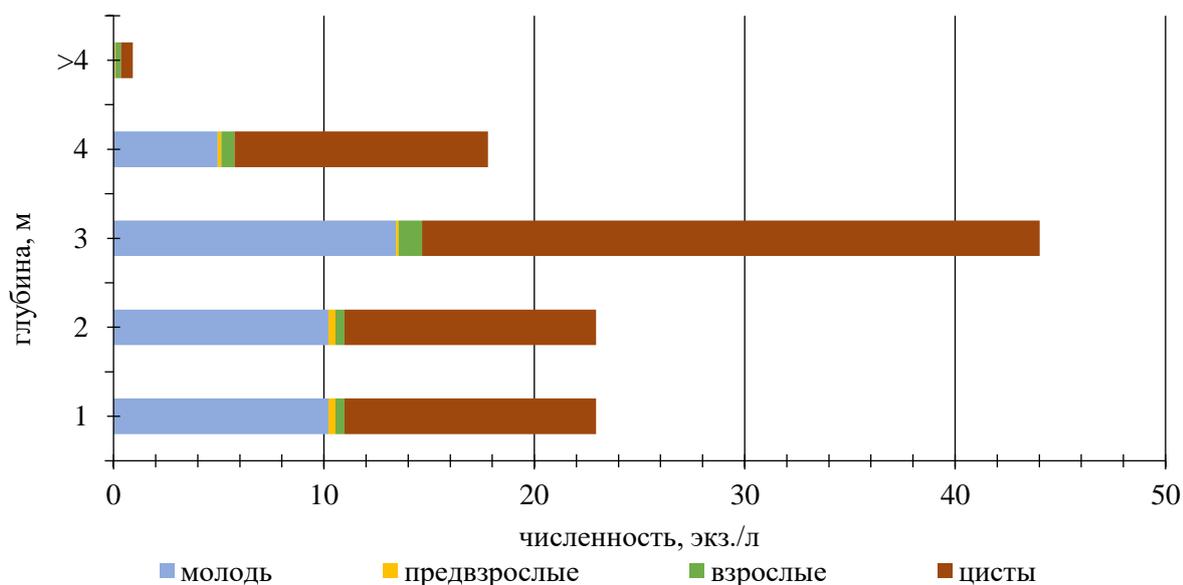


Рис. 92. Численность разных возрастных стадий артемии на разных глубинах озера Б.Яровое (08.08.2018 г.)

Исследование абиотической обстановки в озере на разных глубинах (рис. 93) показало, что:

- температура, оптимальная для развития рачков артемии в озере ( $20-23^{\circ}\text{C}$ ), простирается до глубины 7 м, на глубине 7,5-8,0 м имеется температурный скачок, при котором температура опускается до  $2-7^{\circ}\text{C}$ ;

- благоприятный кислородный режим для рачков артемии ( $6,7-10,0 \text{ мг}\text{O}_2/\text{л}$ ) отмечен на всех глубинах;

- прозрачность воды увеличивается от 3-4 м в мелководной части озера до 5-7 м - в глубоководной.

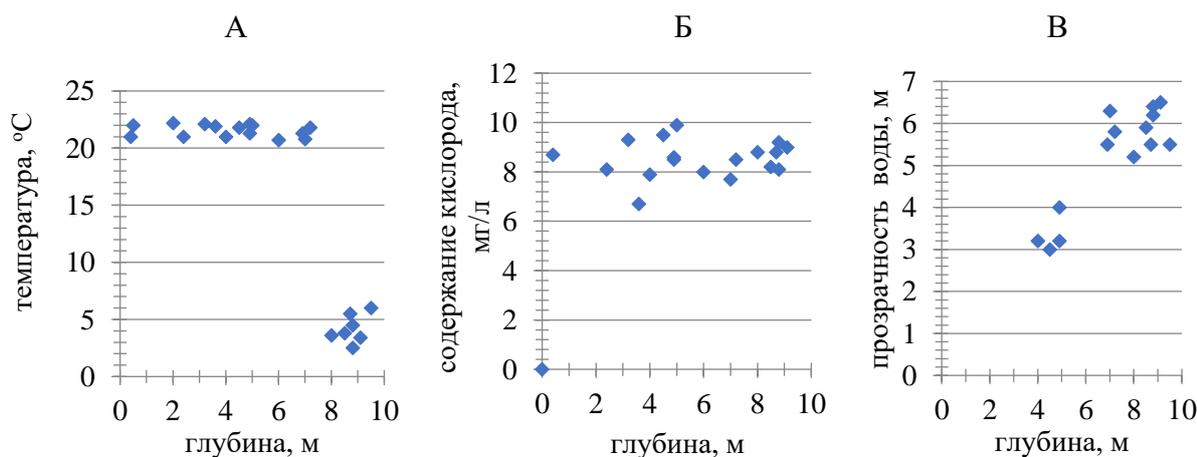


Рис. 93. Температурный (А), кислородный (Б) режимы, прозрачность воды (В) в озере Большое Яровое на разных глубинах (08.08.2018 г.)

Таким образом, в глубоководных артемиевых озерах ограничивающим фактором для

рачков артемии в летний период является глубина прогретого слоя; неоднородность в вертикальном распределении рачков и цист необходимо учитывать при определении запасов цист и их промысле.

Цисты, опустившиеся на дно при глубине 6 м и более, согласно литературным данным [50], из-за большей плотности рапы и контакта цист с донными солевыми отложениями и илом недоступны для промысла. Причем в течение сезона наибольшая концентрация цист находилась на разной глубине: в июне – 0-4,0 м, в июле – 0-2,0 м, в августе – октябре – на глубинах 0-2,0 и 6,0-8,0 м, что объясняется авторами процессами погружения цист вглубь (рис. 94).

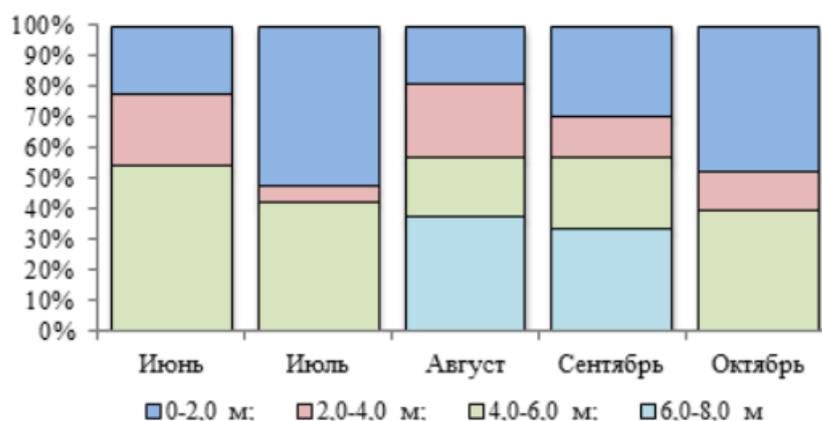


Рис. 94. Распределение цист артемии в толще воды (0-8 м) в озере Большое Яровое (по Веснина, Пермякова, 2013 [50])

Анализ распределения цист в озере Большое Яровое в 2018 г. [159] позволил выявить неоднородность плотности цист на разных глубинах (рис. 95): преобладание цист на глубине до 2 м (60 %), 23 % цист — на глубине 2–4 м и по 4–7 % на глубинах 4–6, 6–8 и 8–9,5 м.

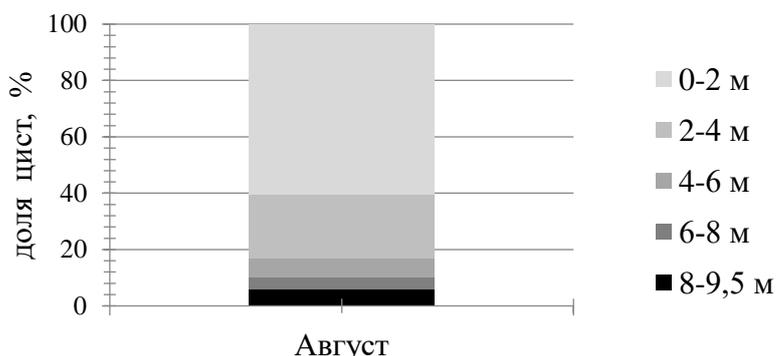


Рис. 95. Распределение цист в толще воды на разной глубине озера Большое Яровое (по Литвиненко и др., 2018 [159])

Комплексные исследования 35 гипергалинных водоемов России, в том числе залива Сиваш Азовского моря, мелководных и глубоководных озер Западной Сибири, проведенные в

2018 г. [159], показали пределы и средние значения численности цист и позволили оценить долю в них бентосных цист.

Так, в исследованных водоемах численность **планктонных** цист была в пределах 0,1–440 тыс. экз./м<sup>3</sup> (в среднем  $39,7 \pm 10,5$ ), в пересчете на единицу площади 0,1–792,0 тыс. экз./м<sup>2</sup> (в среднем  $40,4 \pm 19,0$ ). Наиболее высокие значения отмечены в озере Кучукское (Алтайский край) с соленостью 222 г/дм<sup>3</sup>. Высокие показатели (около 100 тыс.экз./м<sup>3</sup>) зарегистрированы также в озерах Кулундинское (Алтайский край), Соленое-Романовка (Новосибирская область), Эбейты (Омская область), Яманиган, Собачье (Курганская область). Максимальная численность планктонных цист в пересчете на единицу площади (125–792 тыс. цист/м<sup>2</sup>) отмечена для относительно глубоководных водоемов Алтайского края. В западной части залива Сиваш при варьировании солености от 32 до 350 ‰ численность планктонных цист изменялась от 0,1 экз./м<sup>3</sup> до 66,0 экз./м<sup>3</sup> (в среднем  $26,3 \pm 10,8$ ); в восточной части - варьировала от 0,4 тыс. экз./м<sup>3</sup> на участках с соленостью 78,3 ‰ до 4,0 тыс. экз./м<sup>3</sup> с соленостью 90,7 ‰ (в среднем  $1,1 \pm 0,4$ ).

Численность **бентосных** цист в исследованных водоемах Западной Сибири была в пределах 50–5093 тыс.экз./м<sup>2</sup> (в среднем  $588,0 \pm 128,5$ ). Максимальная численность (5093 тыс.экз./м<sup>2</sup>) отмечена для глубоководного озера Большое Яровое. Около 2–3 млн экз./м<sup>2</sup> цист зарегистрировано в озерах Куропатово и Соленое Палецкое (Новосибирская область), от 1 до 2 млн экз./м<sup>2</sup> — в озерах Курганской (Соленое-Карасье, Малое Медвежье) и Новосибирской (Соленое-Ленинское, Пример) областей. В бентосе западной части залива Сиваш максимальная численность цист была отмечена в центральной части акватории 1945,7 тыс. экз./м<sup>2</sup>, минимальная - 4,2 тыс. экз./м<sup>2</sup> у пос. Рюмшино (в среднем  $587,7 \pm 134,2$ ). В восточной части залива концентрация цист варьировала от 5,9 до 515,6 тыс.экз./м<sup>2</sup> (в среднем  $122,3 \pm 64,4$ ).

Доля бентосных цист (при расчете на единицу площади) была в пределах 8,7–99,8 % (в среднем  $92,5 \pm 2,3$ ), что свидетельствует об абсолютном преобладании в биоценозе озер бентосных цист.

Общие запасы цист, рассчитанные по методике, представленной в «Методических рекомендациях..., 2019» [180], в исследованных озерах были в пределах 5,4–1036,2 кг/га (в среднем  $117,7 \pm 31,1$ ). Максимальные значения отмечены в глубоководном озере Большое Яровое. Запасы цист в овисаках самок варьировали от 0 до 530 кг/га (в среднем  $50,5 \pm 18,4$ ), в планктоне — от 0 до 79,2 кг/га (в среднем  $5,2 \pm 2,3$ ), в бентосе — от 5,0 до 509,3 кг/га (в среднем  $62,1 \pm 14,7$ ). В результате (по средним значениям) доля цист в овисаках самок составила 43 %, в планктоне — 4 %, в бентосе — 53 %. Известно, что по результатам официального промысла,

в среднем заготавливается около 13 кг/га [153; 154]. Из этого следует, что около 90 % произведенных в водоеме цист не охвачено промыслом.

Часть этих цист, выброшенных на берег и своевременно не заготовленных, гибнут. Часть цист опускаются на дно и являются резервом пополнения весенней генерации артемии следующего сезона.

Анализ влияния солености на долю бентосных цист в общих запасах (рис. 96) показал, что с увеличением солености прослеживается тенденция снижения доли бентосных цист, что, вероятно, объясняется увеличением их плавучести.

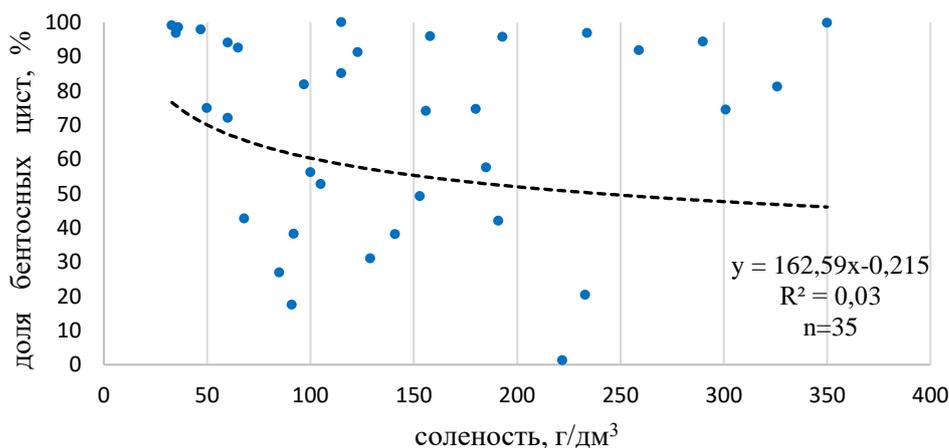


Рис. 96. Доля бентосных цист в общих запасах при разной солености воды

Анализ численности бентосных цист за период 2005-2019 гг. на 70 озерах Западной Сибири, включая Алтайский край (**Приложение 13.1**) показал, что численность цист по всему массиву данных ( $n=386$ ) находится в пределах от 2 до 5441 тыс.экз./м<sup>2</sup> и в среднем равна  $104 \pm 20$  тыс.экз./м<sup>2</sup> ( $Cv=162$  %). При доля бентосных цист в общих запасах (**Приложение 13.2**) в разных водоемах Западной Сибири составляет от 1,2% в озере Кучукское в 2018 г. до 100% в некоторых водоемах в отдельные годы. В среднем по всем данным ( $n=347$ ) доля бентосных цист в общих запасах составляет  $48,7 \pm 2,6$  ( $Cv=68$  %).

Детальное изучение бентосных (донных) цист проведено на озерах Кучукское и Большое Яровое со среднемноголетней соленостью в пределах 214-323 г/л и 130-156 г/л соответственно [170]. Озера отличаются тем, что в оз. Кучукское основную роль в формировании рачков первой генерации играют цисты из скоплений на берегу, смываемые стоком талых вод. Донные цисты малодоступны из-за высокой солености воды и выпадения солевого осадка на значительной площади водоема. В глубоководном озере Большое Яровое в формировании рачков первой генерации играют цисты, находящиеся в толще воды. Поднятие цист со дна с глубины 7 м, по мнению авторов, маловероятно по причине высокой

плотности воды при низкой температуре. Процент вылупления науплиусов из цист с мелководных участков дна озера Кучукское в весенний период составлял 24%. Процент вылупления донных цист с глубины более 9 м в весенний период в озере Большое Яровое составил 4,5-15,9%, с глубины 8 м – 17,3-26,1%. Таким образом, согласно проведенным исследованиям [170], большая часть донных цист находится в состоянии глубокой диапаузы. Вылупляемость цист, отобранных в сентябре, была невысокой и составила 1,5-8,1%, что характерно также для мелководных водоемов Западной Сибири [153].

В работе Г.В. Лукериной [170] показана динамика численности цист на дне озера Большое Яровое в течение сезона 2020 г. Средние значения численности в тыс. экз./м<sup>2</sup> составили в апреле – 1502, в июне – 34812, в июле – 30120, в августе – 25704, в сентябре – 52828. С учетом средней по водоему численности донных цист в сентябре и площади озера Большое Яровое, биомасса донных цист составляла 38934 т или 5283 кг/га. Таким образом, в работах Г.В. Лукериной еще раз подтвердилась указанная нами ранее [159] высокая биомасса бентосных цист в этом озере.

Как отмечено в работе Г.В. Лукериной [170], такие биомассы цист превышают репродуктивные возможности популяции артемии за один вегетационный сезон. Следовательно, накопление цист артемии в донных отложениях происходило на протяжении ряда лет. В связи с этим подробное изучение качества цист, накопленных в грунтах в течение ряда лет, имеет важное значение для выяснения их дальнейшей роли в биоценозе глубоководных озер.

Наибольшая концентрация донных цист была в иловых отложениях на глубине от 6,1 до 9,5 м. Их удельная численность составляла в течение вегетационного периода от 76 до 90%, в среднем за вегетационный период - 86,1% общей численности. Изучение качества цист на разных участках илистого грунта озера Большое Яровое показало, что в поверхностном слое (0-10 см) грунта в северной и южной части акватории озера содержится 62–73% внешне-полноценных цист, в центральной, наиболее глубокой, части озера - 25% от общей их численности. На глубине грунта более 15 см увеличивается доля поврежденных и неестественно окрашенных цист (в серый или черный цвет). Вылупление науплиусов из цист, отобранных в весенний период с глубины более 9,0 м из ила, составляло 4,5–16,0%, с глубины 8,0 м – 17,3–26,1% [170].

Таким образом, процент вылупления донных цист, прошедших диапаузу в условиях водоема, достаточно низкий и сопоставим с этими показателями в мелководных водоемах [153]: от 1 до 58% (в среднем  $19,1 \pm 2,5\%$ ).

Как показали наши исследования, около 50% от всего запаса цист артемии приходится

на цисты, находящиеся на дне водоема. Недооценка этих запасов объясняет относительно низкую удельную продуктивность озера GSL [434] по сравнению с озерами Западной Сибири.

### **6.5 Соленость и температура, как факторы, определяющие плавучесть цист артемии и возможность их промысла**

В прогнозных работах при определении запасов цист в водоеме учитывается их количество в планктоне, бентосе, овисаках самок и береговых выбросах, но совершенно не учитывается их плавучесть при разной солености и температуре. Неправильно определенный промысловый запас цист и рекомендованный вылов может привести либо к перезаготовке цист (что приведет к депрессии популяции), либо к недоиспользованию ресурса. В связи с этим немаловажное значение имеет изучение плавучести цист при разных абиотических условиях.

Исследования плавучести цист были проведены с использованием цист, собранных в осенний период 2021 г. из озер Эбейты и Большое Медвежье, соленость воды в которых составила 172 и 200 г/л соответственно. Перед экспериментом цисты были промыты от примесей, выдерживанием в насыщенном растворе соли (для удаления тяжелых примесей), затем в пресной воде 10 мин (для удаления скорлупы). В анализе использованы цисты с влажностью 55% и чистотой 95% (5% - примеси).

Анализировались следующие показатели:

- влияние трех режимов температуры, имитирующих лето ( $25^{\circ}\text{C}$ ), осень и весну ( $10^{\circ}\text{C}$ ) и зиму ( $-5^{\circ}\text{C}$ );
- влияние солености воды в градации от 30 до 330 г/л;
- влияние природной рапы трех разных озер с соленостью 95 г/л (Ново-Георгиевское), 152 г/л (Карасье) и 336 г/л (Сорочье), доведенной разбавлением или добавлением поваренной соли до солености от 30 до 330 г/л;
- влияние популяций артемии (озер Б. Медвежье Курганской области и Эбейты Омской области).

Опыт проводили в лабораторных условиях. В стеклянные цилиндры объемом 100 мл наливали раствор и помещали пробу цист в количестве 5 г. Цилиндры выставляли на экспозицию и фиксировали изменения плавучести в течение 10 суток, периодически перемешивая пробы. Через 15 минут после помещения влажных цист в цилиндры обнаружено 100%-ное всплытие цист из озера Эбейты при солености 240-330 г/л и озера Б. Медвежье при солености 300-330 г/л. Через 10 ч от начала эксперимента цисты из оз. Эбейты полностью всплыли при солености от 180 г/л и больше. К этому времени только 50% цист оз. Б. Медвежье

при солености 90-330 г/л всплыло на поверхность. Наблюдения в последующие периоды от 1 до 10 суток показало незначительную изменчивость плавучести цист. В последующем анализ дается по результатам плавучести цист в среднем за 10 суток.

На рис. 97 представлены данные по плавучести цист в искусственном растворе, приготовленном из хлорида натрия (30 до 330 г/л) при трех температурных режимах (25<sup>0</sup>С, 10<sup>0</sup>С и -5<sup>0</sup>С). Исследования показали, что цисты из озера Эбейты в условиях лета имеют лучшую плавучесть, чем цисты озера Б.Медвежье, причем при солености 60-120 г/л и 270 г/л различия были достоверны. В условиях зимы цисты озера Эбейты имели лучшую плавучесть при солености 90-120 г/л и меньшую – при солености 150 г/л. В условиях осени плавучесть цист из разных популяций почти не различалась.

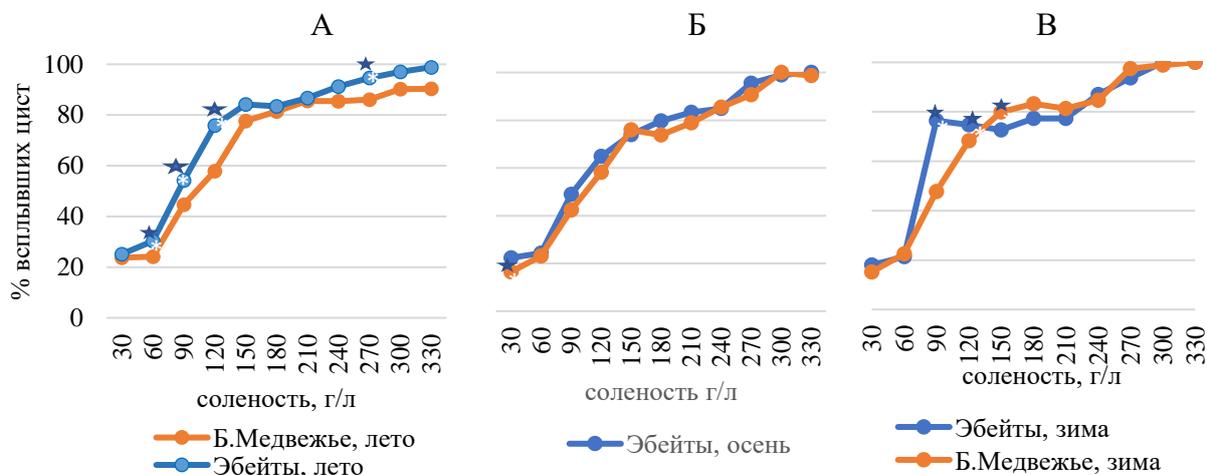
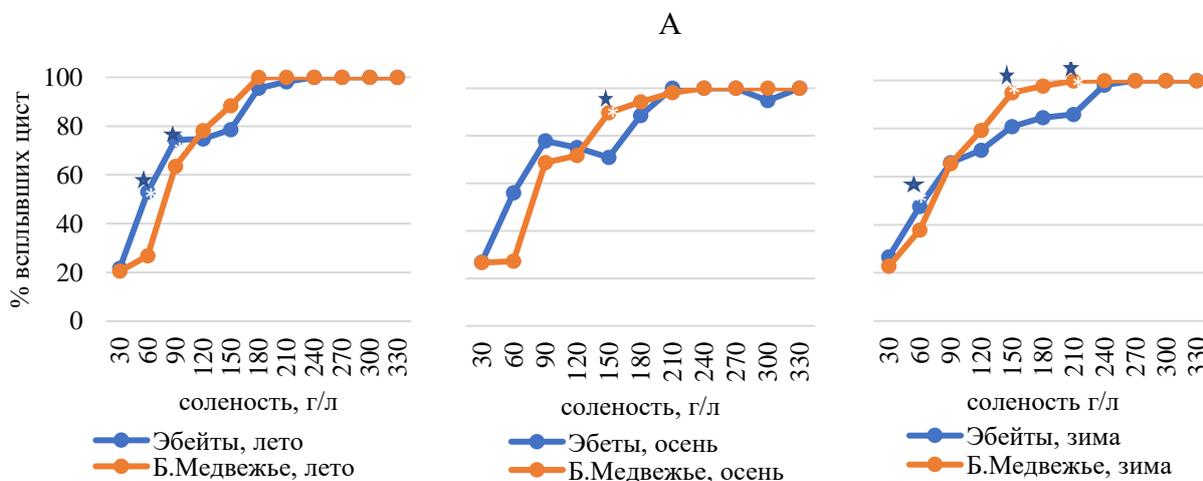


Рис. 97. Плавучесть цист при разной солености искусственного раствора солей в условиях лета (А), осени (Б) и зимы (В)

\* - различия между показателями плавучести цист разных популяций достоверны

Плавучесть цист в природной рапе трех озер при разных соленостях и температурах представлена на рис. 98.



Б

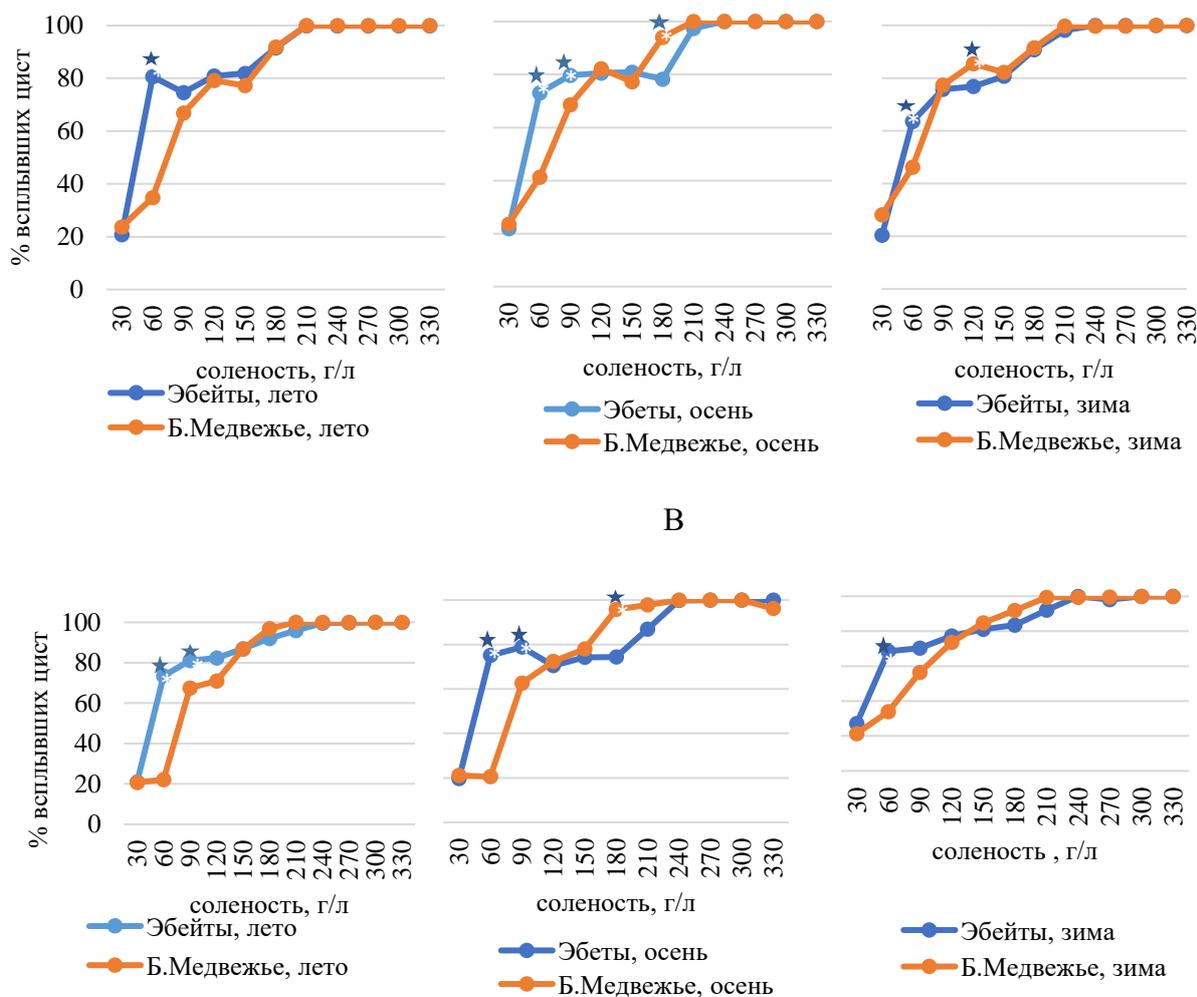


Рис. 98. Плаваемость цист при разной солености природной воды: А (ПВ-95 г/л), Б (ПВ-152 г/л), В (ПВ-336 г/л) в условиях лета, осени и зимы (★ - различия достоверны)

Оказалось, что в условиях лета цисты из озера Эбейты имеют лучшую плаваемость при солености 60-90 (120) г/л во всех рапах озер, аналогично искусственному раствору. В условиях осени в природной воде, в отличие от искусственного раствора, также имеется повышенная плаваемость цист озера Эбейты при солености рапы 60-90 г/л и пониженная при солености 150 г/л в (ПВ-95) и 180 г/л – в (ПВ-152) и (ПВ-336). В условиях зимы плаваемость выше у цист из озера Эбейты при солености 60 г/л во всех видах природной рапы. При более высокой солености природной рапы в пределах 120-210 г/л плаваемость цист из Эбейты была в основном ниже, чем цист из Б.Медвежье.

Плаваемость цист по данным всех экспериментов представлена на рис. 99. Регрессионный анализ показал, что между соленостью и плаваемостью имеется тесная связь, которую можно выразить уравнением  $y = -0,0013x^2 + 0,7079x + 9,1659$  ( $R^2 = 0,89$ ).

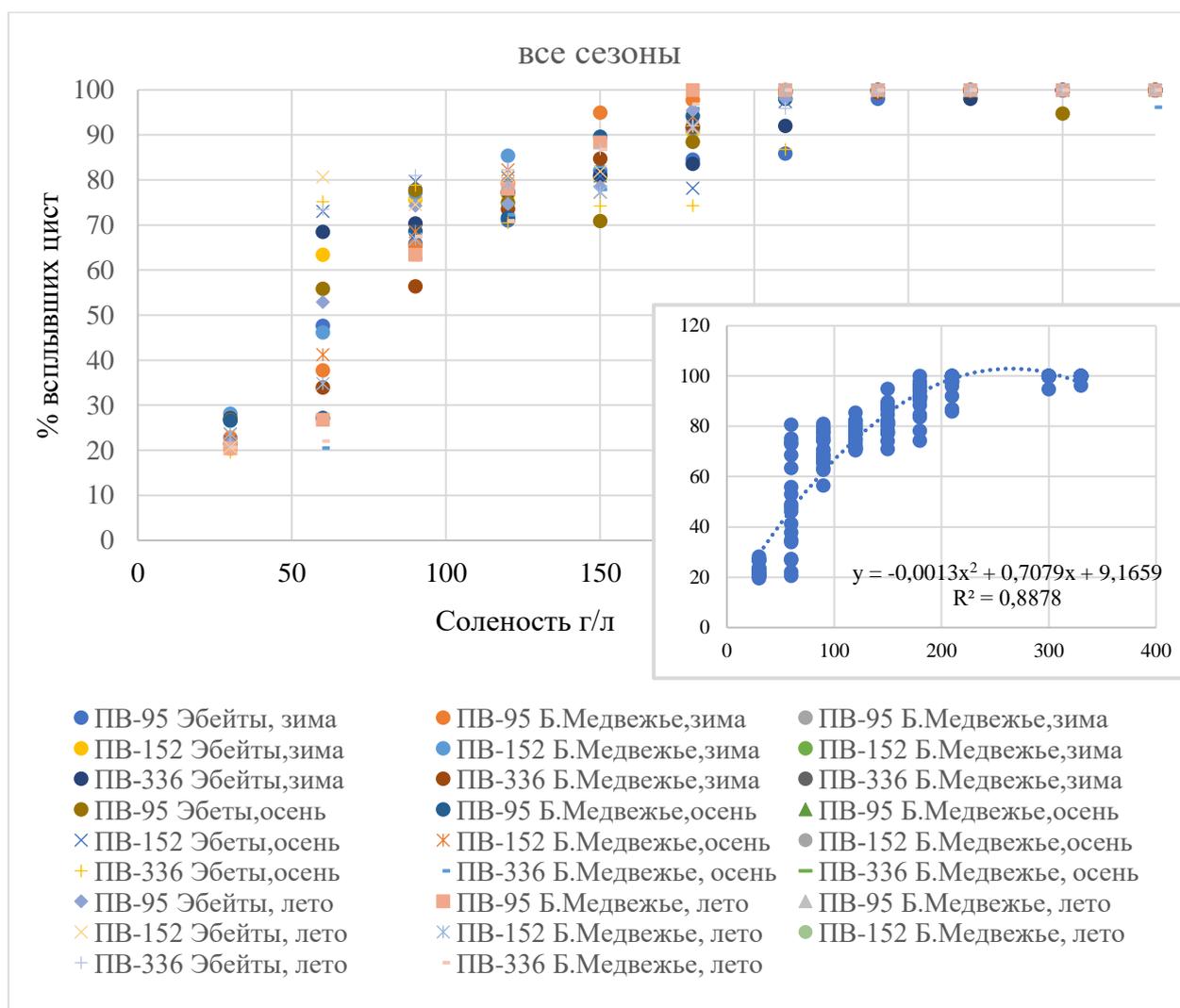


Рис. 99. Плаваемость цист во всех вариантах эксперимента

Таким образом, в плаваемости цист из разных водоемов имеются общие закономерности: увеличение этого показателя при увеличении солености воды при температурах как положительных, так и отрицательных. Также прослеживаются и различия между популяциями, обусловленные, вероятно, морфологией цист и условиями их формирования в озерах.

В период отбора проб цист соленость в озерах несколько отличалась: 172 г/л – Эбейты и 200 г/л – Б. Медвежье. При относительной схожести рапы озер по величине средней за 20 последних лет солености (194 г/л – в Эбейты и 206 г/л – в Б. Медвежье), химический состав воды значительно различается по соотношению ионов хлора и сульфатов (в оз. Б.Медвежье равно 5,85, в оз. Эбейты – 1,81). Рапа озера Б.Медвежье относится к хлоридному классу, а озера Эбейты – к хлоридно-сульфатному.

Влияние на плаваемость природной воды не выявило каких-либо существенных различий, при том, что ПВ-95 и ПВ-152 имели хлоридный класс, ПВ-336 – хлоридно-

сульфатный (соотношению ионов хлора и сульфатов соответственно равно 3,7; 6,4 и 1,5).

Проведенные нами экспериментальные работы, опубликованные в литературе [425; 426; 218; 193] показали, что существует определенная зависимость между степенью солености озерной воды и количеством утонувших (всплывших) цист (см. рис. 101). Результаты опытов свидетельствуют о том, что цисты артемии даже в одной популяции весьма неоднородны по характеристикам, которые формируют их степень плавучести, и в результате изменения сезонных показателей солености доля планктонных и бентосных цист в водоеме может изменяться. Происходит плавное снижение показателей погружения цист в пределах солености от 0 до 120 г/л, а в границах солености 120 – 200 г/л наблюдается резкое уменьшение утонувших цист.

Исследование плавучести цист из озера Урмия (*A. urmiana*) и GSL (*A. franciscana*) в лабораторных условиях при солености 35, 50, 100, 150 и 200 г/л [289] показало, что более 60% цист из озера Урмия затонуло через 72 ч даже при солености 200 г/л, в то время как из GSL к этому времени затонуло менее 10% цист. Общая толщина оболочки цист, состоящей из хориона и четырех дополнительных слоев или мембран, была примерно одинаковой как у *A. franciscana* (GSL), так и у *A. urmiana* (в пределах 10 - 13 мкм). Однако с использованием метода просвечивающей электронной микроскопии были выявлены поразительные различия между слоями этих двух видов. Оболочка цисты GSL показала относительно более толстый альвеолярный слой (8 мкм, включая кортикальный слой) с широкими альвеолами и относительно более тонким волокнистым слоем (3 мкм). Напротив, для цист *A. urmiana* как альвеолярный, так и фиброзный слои были одинаковой толщины (6 мкм) с более узкими и сжатыми альвеолами (рис. 100). Таким образом, исследования с использованием просвечивающей электронной микроскопии цист Урмии и *A. franciscana* с одинаковой толщиной хориона позволяют объяснить их разную плавучесть.

Возможно, большое количество бентосных цист в озерах Западной Сибири, также объясняется не толщиной хориона, а его строением близким строению хориона цист из озера Урмия (Иран).

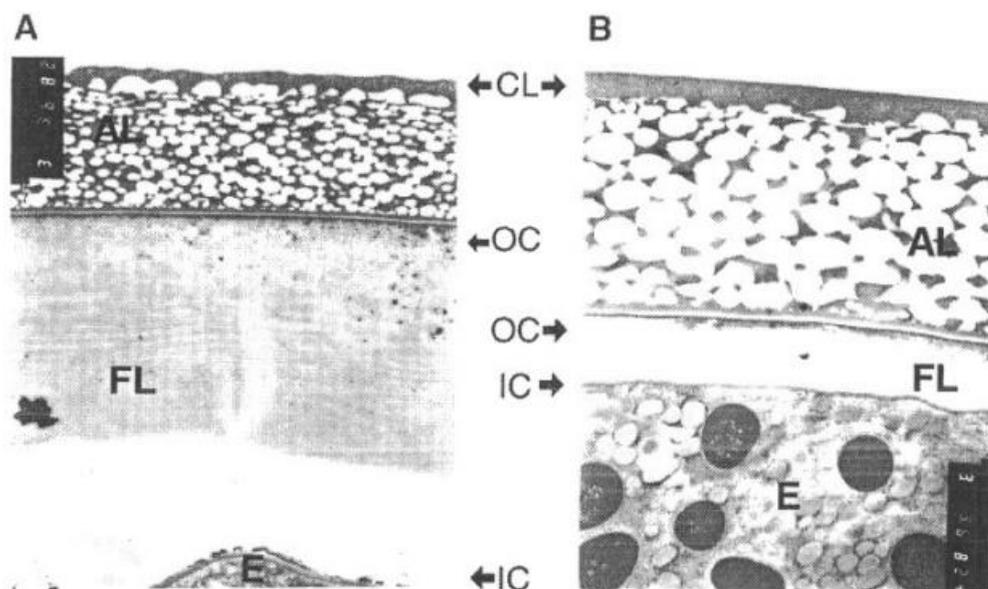


Рис. 100. Снимки просвечивающей электронной микроскопии оболочек цист *A. urmiana* (A) и *A. franciscana* (B): CL – кортикальный слой, AL - альвеолярный слой, OC - наружная кутикулярная мембрана, FL - волокнистый слой, IC - внутренняя кутикулярная мембрана, E - эмбрион. Увеличение  $\times 14000$  (по T.J. Abatzopoulos et al., [289]).

Таким образом, в водоемах с соленостью более 200 г/л для промысла доступно более 80% цист, при солености – 120-180 г/л – 70% и более, при солености 90 г/л – 55-80%, при солености 60 г/л – 20-80%, при солености 30 г/л – 20-30%. В водоемах, где регулярно ведется промысел цист, определение запаса цист, доступного для промысла (всплывших цист), имеет важное значение. При отсутствии возможности использования просвечивающей электронной микроскопии оболочек цист, рекомендуем экспериментально определять плавучесть.

## 6.6 Законодательство России и других государств в отношении вылова цист из природных водоемов

О важности артемии для России свидетельствуют факты отнесения ее в 2009 г. приказом Росрыболовства № 191 к ценным видам биоресурсов [207], а в 2019 г. постановлением Правительства РФ № 401 [215] - к стратегически важным ресурсам. Росрыболовство [537] - орган, контролирующий и регулирующий добычу цист артемии в России. Приказ Росрыболовства [209] устанавливает порядок предоставления в пользование ресурсов артемии, разработки прогноза вылова и корректировки объемов вылова артемии. Территориальные управления Росрыболовства выдают разрешение на вылов и ведут контроль промысла. Подведомственное Росрыболовству научное учреждение ВНИРО и его филиалы [546] в рамках государственных работ осуществляют мониторинг запасов цист артемии и

определяют их рекомендованный объем вылова. Методические рекомендации по оценке запаса и прогнозированию рекомендованного объема добычи (вылова) артемии [180] опубликованы и находятся в свободном доступе на сайте ВНИРО [547]. Приказами Минсельхоза России [210, 211] регламентируются сроки добычи артемии в Западно-Сибирском и Азово-Черноморском рыбохозяйственных бассейнах.

Промышленный вылов цист артемии в России, регламентируемый предпромысловым исследованием запасов в отдельных водоемах, ведется более 40 лет. До 2000-х гг. исследование запасов цист, выдача объема допустимого улова и сам промысел проходили в один сезон. Научные подразделения Госрыбцентра по договорам с пользователями проводили исследования с конца июля по сентябрь (в период формирования запасов цист). Начиная с 2002 г. прогноз рекомендованного объема вылова (РОВ) выдается по субъектам Федерации за год до начала промысла.

Исследование запасов цист артемии в гипергалинных водоемах Западной Сибири входит в государственный мониторинг водных биологических ресурсов во внутренних водах. Определение промысловых запасов цист артемии основано на полевых гидробиологических исследованиях гипергалинных озёр, проведенных в сезон промысла. Расчёт запасов цист проводится с учётом четырёх составляющих: планктонных и бентосных цист, цист в овисаках самок и береговых выбросов цист. Прогноз рекомендованных объёмов вылова (РОВ) базируется на среднемноголетних показателях продуктивности водоёмов и объёмах заготовки. В год промысла (при достижении объема вылова 70%) проводится корректировка РОВ. Многолетние исследования показали, что запасы цист в водоёме могут отклоняться от среднемноголетних значений в 3-4 раза. Поэтому прогноз РОВ может быть только ориентировочным, требующим корректировки по всем водоёмам в сезон промысла.

В Казахстане имеется большое количество промысловых озёр, расположенных на значительной территории [1; 277]. На эту страну приходится до 15 % мирового производства цист [419]. Добыча цист артемии в них, как и в России, строго регламентирована законом Республики Казахстан [108], постановлением Правительства [214], приказами Министра окружающей среды и водных ресурсов [212], Министра сельского хозяйства Республики Казахстан [208] и другими нормативными актами. Научно-исследовательские институты (ТОО НПЦ рыбного хозяйства) по договору с природопользователями проводят исследования запасов цист на водоеме или участке, в пределах которых предполагается осуществление добычи цист, с использованием методов разработанных в России [180, 181], готовят биологическое обоснование по определению предельно-допустимого улова цист артемии. На основе научно-установленных объёмов ведется промысел цист артемии.

В Узбекистане промысловые запасы цист появились сравнительно недавно. О первых находках артемии в Аральском море было сообщено учеными Узбекистана на международном научно-исследовательском семинаре в 2002 г.. В последующем изучение фауны и, в частности, артемии в Арале привлекло внимание многих ученых [440; 297; 433; 104; 121 и др.]. Кроме того, отмечалось наличие популяций артемии в небольших водоемах Узбекистана. Согласно исследованиям, проведенным учеными Каракалпакского научно-исследовательского института [188], в 2010 г. рекомендованные объемы вылова цист составили 9,3 т, в 2015 г. – 161 т, а уже в 2021-2022 г. – 3075 т, в 2023 г. – 3750 т. В 2013 году в Арале поймали более 50 тонн яиц артемии. В настоящее время там вылавливается до 2 тыс. т цист и более. Для регулирования промысла Кабинет Министров Узбекистана принял постановление от 11.07.2020 г. № 438 «Об организации деятельности государственного унитарного предприятия «Арал артемия пром» при хокимияте Муйнакского района Республики Каракалпакстан». Учредителем ГУП «Арал артемия пром» является Совет Министров Каракалпакстана. В основные задачи данного предприятия входят реализация программ переработки цист артемии, научно-техническая, технологическая, инвестиционная и экспортная деятельность в данной сфере. Отдельное внимание уделяется рациональному использованию мест естественного размножения этих организмов, глубокой переработке цист артемии на промышленной основе, а также производству экспортной продукции с высокой добавленной стоимостью, внедрению передовых технологий для создания новых перерабатывающих мощностей [542].

В Китае, на который приходится четверть от мирового вылова цист, государственное регулирование промысла слабо представлено. Ресурсы цист артемии сосредоточены в озерах Айби (55% от запасов цист в стране), Баликун (9%), Шуангу (11%), а также в соленых прудах залива Бохай (20%), на другие озера приходится 5%. В озере Айби с ежегодной продуктивностью в среднем около 300-600 т в сухой массе цист право на сбор урожая правительство передало частной компании. По состоянию на 2017 г. сбор цист в озере Айби был запрещен правительством в течение ряда лет [431]. В озере Баликун, в котором заготавливают от 30 до 250 т цист, отсутствует управление сбором, в этом озере отмечается снижение качества сбора цист. В озере Шуангу, где ежегодно заготавливают от 50 до 150 т цист в сухой массе только одна компания получила разрешение на промысел. В многочисленных прудах близ залива Бохай с продуктивностью 50-150 т цист в сухой массе, где артемия выращивается, стоимость цист выше, чем из других мест [530].

Наиболее длительную историю управления промыслом имеет озеро Great Salt Lake, где еще в 1950 г. существовал промысел сначала биомассы рачков артемии для аквариумных рыб.

В дальнейшем промысел сосредоточился на сборе цист для целей аквакультуры. Вначале давление на урожай в течение первых десятилетий оставалось низким, и управление промыслом осуществлялось надзорным государственным агентством (Отдел ресурсов дикой природы штата Юта – UDWR), которое было ограничено простой системой разрешений и взиманием небольших лицензионных платежей. Однако благодаря увеличению коммерческого спроса и повышению осведомленности о ресурсах GSL в конце 1980-х и начале 1990-х годов потребовалось внести изменения в стратегию управления [399]. UDWR увеличил плату за разрешение и сократил сезон сбора урожая в течение этого времени. Однако продолжающееся давление на урожай в середине 1990-х годов способствовало тому, что UDWR рассмотрел возможность более активного управления ресурсами. UDWR сформировал консультативную группу для изучения экологической информации и ограничил количество разрешений до 79 в 1996 г. и дополнительно сократил сезон сбора урожая до четырех месяцев [490]. В этот период появляется новый подход к управлению сбором урожая, при котором приоритет отдавался минимальному запасу цист артемии, которые должны оставаться в озере для нормального их развития весной. Были исследованы зависимости плотности цист после сбора урожая с продукцией цист в следующем году. Оказалось, что оптимальное производство цист наблюдается, если весной в озере имеется 21 цист/л. Модель управления эффективно работает в течение двух десятилетий, но, как считают ученые [431; 434] эта модель специфична для GSL. По их мнению, пороговое значение в 21 цист/л неприменимо к другим популяциям и видам артемии в различных системах озер и прудов, каждая из которых потребует индивидуальных исследовательских программ для разработки соответствующих стратегий управления. Реализация этой адаптивной научно обоснованной стратегии совместного управления между заготовителями артемии и организацией по управлению ресурсами привела к постоянству промысла цист в последние двадцать лет, в отличие от периода 1980–1990 гг., когда промысел был переменным.

В выпариваемых водоемах, солеварнях Бразилии, как, вероятно, и в других аналогичных производствах других стран никакого формального управления сбором урожая цист не происходит. Элементарное пополнение запасов иногда производится путем инокуляции науплиусов или пересадки биомассы, собранной в прудах с более высокой соленостью, в пруды с более низкой соленостью [431].

## 6.7 Сложности прогноза рекомендованного вылова цист артемии

При определении запасов артемии и их РОВ применялись разные методики [70; 180, 181; 247]. Суть методик сводилась к тому, что на основе гидробиологических исследований в период летне-осенней генерации артемии определить запас цист в водоеме, причем в первой методике [70] определяли запасы цист в планктоне и береговых выбросах, во второй [247] - в планктоне, береговых выбросах и в овисаках самок, в третьей [181] дополнительно предлагалось учитывать запас бентосных цист (цист, лежащих на дне водоема). В последней методике [180] дается дополнительно метод расчета запаса цист, который будет произведен самками с учетом их репродуктивности и условий в водоеме. Кроме этого, в методике дается алгоритм расчета запасов цист с годичной заблаговременностью. Таким образом, рекомендованный объем вылова представляет собой часть биомассы цист, которая будет произведена в следующем году генерацией артемии, которая еще не родилась. Сложность таких прогнозов определяется вариабельностью как условий в мелководных водоемах (глубина около 1 м) и изменчивостью климата, так и влиянием солености на рост и размножение артемии.

Сложности прогноза вылова связаны с короткоцикловостью артемии. За вегетационный сезон, который начинается с прогрева температуры до 5<sup>0</sup>С и заканчивается при охлаждении температуры воды до 5<sup>0</sup>С, проходят 3 генерации рачков, зимует артемия в виде цист. Таким образом, при прогнозе вылова с годичной заблаговременностью нужно определить объем цист, которого еще нет в природе.

Другой фактор сложности – неустойчивость климата, наличие как многоводных, так и засушливых сезонов, предугадать наступления которых заранее также проблематично.

Мелководность большинства промысловых водоемов, средняя глубина которых составляет около 1 м, а чаще и еще меньше, приводит к значительной зависимости от климатических факторов.

Следующий фактор – сильное влияние солености, как на рост популяции рачков, так и на производство цист.

При этом надо учитывать скоротечность промысла (в основном период с августа по октябрь включительно). Гибель береговых выбросов цист в течение 2-х недель в условиях лета от ультрафиолета и дождевой воды свидетельствует о необходимости быстрого решения вопросов корректировки заблаговременного прогноза.

Немаловажный фактор – это легкая доступность цист для нелегального промысла, поскольку промысел цист очень примитивен. Достаточно иметь совок и мешок и за час можно

заготовить около 50 кг цист, стоимость которых в среднем в разное время колебалась в пределах от 2 до 10 \$ /кг.

Анализ статистических данных по запасам цист артемии в период 2002-2017 гг. на гипергалинных озерах Курганской, Омской, Тюменской, Челябинской и Новосибирской областей показал, что в целом по региону ежегодный РОВ находился в пределах 407-762 т цист ( $608 \pm 23$  т,  $Cv = 15\%$ ,  $n=16$ ). Анализ по отдельным областям показал разброс значений вариабельности ( $Cv$ ) от 16% (Курганская область) до 138% (Челябинская).

Многолетняя динамика (1995–2015 гг.) запасов цист артемии в рассматриваемом регионе (Тюменская, Челябинская, Курганская, Омская, Новосибирская области), выраженная через отношение фактических запасов к среднемуголетним, наглядно демонстрирует колебания этого признака в разные годы (рис. 101).

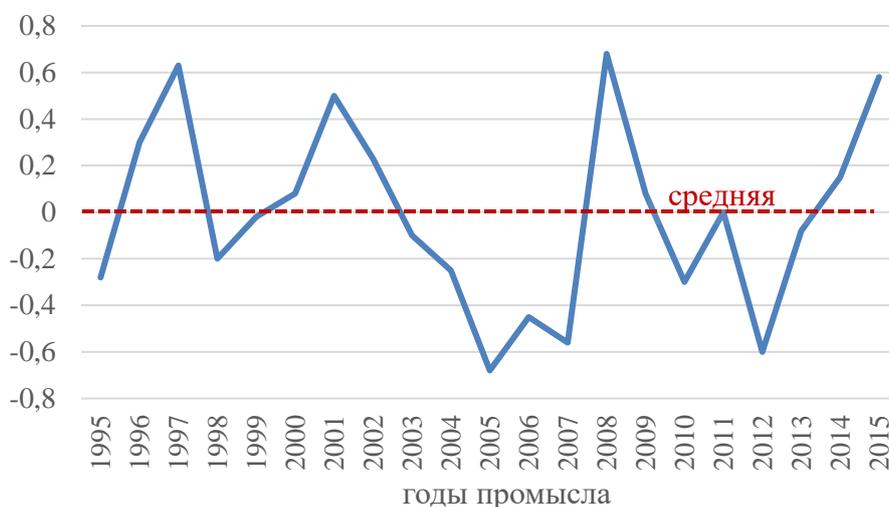


Рис. 101. Многолетняя (1995-2015 гг.) динамика запасов цист артемии, выраженная через отношение фактических запасов к среднемуголетним (по Литвиненко и др., 2018 [158])

Статистический анализ вариабельности промысла в одном водоеме за 20 лет (2000-2019 гг.) в 53 промысловых водоемах Западной Сибири дает еще больший размах колебаний: ( $Cv$  – от 53 до 447%; в среднем -  $279 \pm 18\%$ ). Наименьшая вариабельность отмечена для озера Б. Яровое ( $Cv = 53$ ), Эбейты (76), Б. Медвежье (81) и Кулундинское (98).

Таким образом, в прогнозе вылова цист артемии на исследуемой территории (суммарно 5 субъектов РФ) коэффициент вариации средней величины РОВ низкий ( $Cv = 15\%$ ), в прогнозе по отдельному субъекту Федерации – от среднего до очень высокого ( $Cv = 16–138\%$ ), в прогнозе по отдельному водоему - от высокого до очень высокого ( $Cv = 49–447\%$ ).

Данные по продуктивности цист артемии в 19 наиболее изученных водоемах за период с 1995 по 2016 гг. представлены на рис. 102.

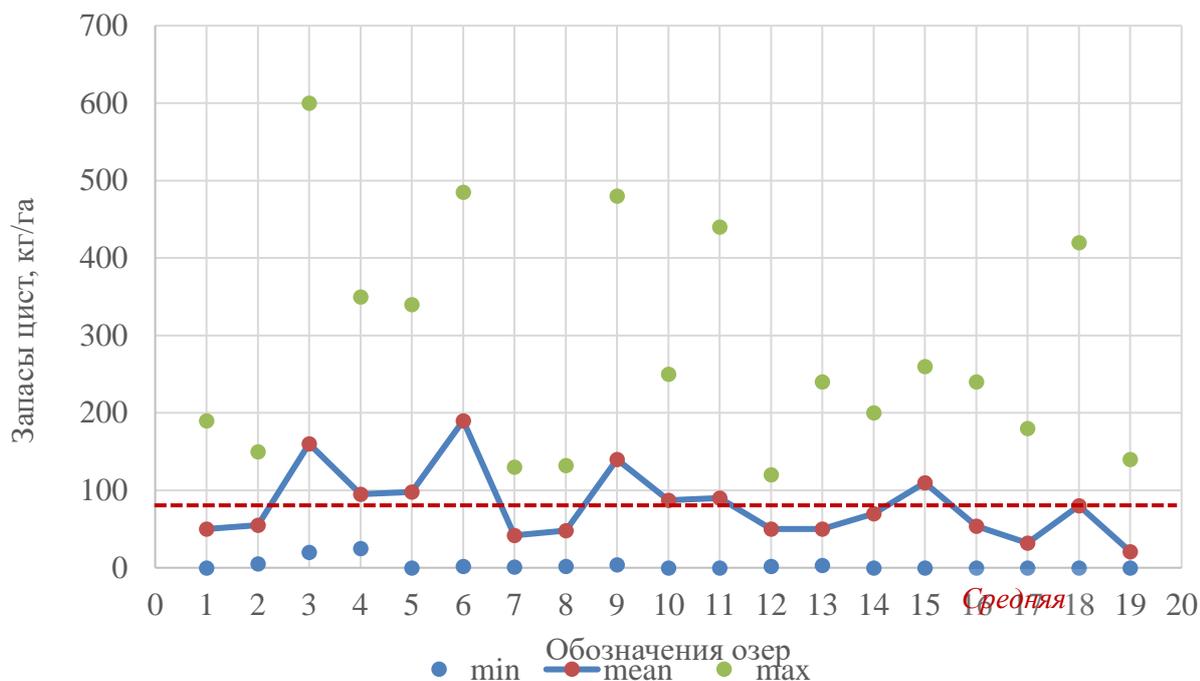


Рис. 102. Общие запасы цист в озерах в период 1995-2016 гг., кг/га: 1 – Ульжай, 2 – Эбейты, 3 – Б.Медвежье, 4 – М.Медвежье, 5 – Невидим, 6 – Вишняковское, 7 – Актобан, 8 – Филатово, 9 – Сульфатное, 10 – Б. Курейное, 11 – Требушинное, 12 – Собачье, 13 – Гашково, 14 – Сетово, 15 – Н-Георгиевское, 16 – Соленое (Окунево), 17 – Сиверга, 18 – Солёный Кулат, 19 – Таузаткуль; (---) – среднее значение (80 кг/га) [по 158]

Средняя величина продуктивности анализируемых озёр равна 80 кг/га цист. При этом в разные годы в отдельно взятом озере формируемые запасы цист находятся в пределах от 0–25 до 120–600 кг/га цист артемии. Заранее точно предугадать, какой будет продуктивность в водоеме через год – задача невыполнимая. В связи с этим, для улучшения точности прогноза, необходимо в каждом промысловом озере проводить предпромысловую корректировку РОВ.

### 6.8 Рейтинг гипергалинных водоемов Западной Сибири по запасам цист и репродуктивным показателям рачков артемии

В России имеется более 100 артемиевых водоемов общей площадью около 2000 км<sup>2</sup>, только часть из них имеет промысловое значение. Географически эти водоемы находятся в засушливых природных зонах, подверженных значительным климатическим воздействиям, а мелководность этих озёр может в отдельные годы приводить к их полному высыханию или увеличению солёности до критических для выживаемости артемии значений.

Все это требует к этим водоемам особого внимания, поскольку будущее аквакультуры может оказаться под угрозой.

Для решения этих проблем разрабатываются как научно-обоснованные принципы устойчивого сбора природных запасов цист в изменяющихся климатических условиях, так и проводятся исследования, направленные на развитие экстенсивного и интенсивного выращивания артемии, на отбор наиболее устойчивых и продуктивных штаммов артемии для целей аквакультуры [489].

В связи с этим нами были предприняты попытки классификации природных источников артемии Западной Сибири, принципы которой возможно использовать для таких больших промысловых озер как Great Salt Lake и Арал, а также внутренних озер Китая и Казахстана.

Помимо этого, на основе исследованных репродуктивных характеристик выращенных в культуре рачков артемии из цист, отобранных в разных озерах Сибири, был составлен рейтинг наиболее продуктивных популяций.

#### 6.8.1 Рейтинг гипергалинных озер по запасам цист

В основу классификации гипергалинных водоемов было заложено два принципа [164]:

- 1) результаты промысла цист артемии в период 2000-2019 гг.;
- 2) соленость воды озер.

В первом случае учитывались такие показатели, влияющие на промысел, как: размер акватории, соленость, доступность цист для промысла.

Во втором сделан упор на биологические и экологические особенности артемии при разной солености, а именно, то, что рачки артемии встречаются при солености от 30 до 360 г/л, нормально функционируют при 70-250 г/л, процветают при 100-200 г/л и имеют оптимум для цистообразования при солености 130-230 г/л.

В анализе использованы данные по солености и промыслу в 88 гипергалинных озерах Западной Сибири. Предложено в качестве критериев использовать:

$M_1$  – средняя величина по промыслу в водоеме за 2000-2019 гг. без учета непромысловых периодов в тоннах цист в сырой массе,

$M_2$  – средняя величина по промыслу в водоеме за 2000-2019 гг. с учетом лет без промысла в тоннах цист в сырой массе;

$N$  – количество промыслов за 20 лет, ед.;

$S$  – соленость, г/дм<sup>3</sup>.

В результате были выделены следующие категории озер: высшая, средняя, низшая, условно-промысловые и непромысловые (табл. 24).

Таблица 24. Градация артемиевых озер по категориям и их характеристика

Категории	Количество озер	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	N	S
высшая	7	≥100	≥80	15-20	130-230
средняя	15	20-100	20-80	10-14	100-129 и 231-250
низшая	20	5-19	1-19	5-9	80-99 и 251-289
условно-промысловые	11	1-4	0,1-	1-4	60-79 и 290-310
непромысловые	35	<1	<0,1	0	<60 и >310

По результатам представленной классификации (табл. 25) к высшей категории были отнесены 7 озер, к средней – 15, низшей – 20, к условно-промысловым – 11 озер. В разряд непромысловых отнесены 35 водоемов, в которых за 20 лет не было ни одного случая промысла. Это связано либо с природоохранным статусом водоемов, либо с их низкой продуктивностью.

Таблица 25. Промысловые артемиевые озера Западной Сибири разных категорий

Категория	Название водоема	Итоговый рейтинг
Высшая 7 озер	Большое Яровое	1
	Эбейты	1
	Большое Медвежье	1
	Малое Медвежье	1,5
	Кулундинское	1,5
	Малое Яровое	1,75
	Кучукское	1,75
Средняя 15 озер	Горькое (Новоключи)	2
	Вишняковское (Сорочье)	2,25
	Ульжай	2,25
	Соленое (Собаچه, Лисье)	2,25
	Соленое (Невидимое)	2,5
	Актобан	2,5
	Ново-Георгиевское	2,5
	Сахалин	2,5
	Горькое (Рождественка)	2,5
	Конево	2,5
	Таузаткуль	2,75
	Филатово	2,75
	Гашково	2,75
	Соленое (Мухино)	2,75
Каратаево	2,75	
Низшая 20 озер	Требушинное	3
	Сиверга	3
	Соленое (Михайловка)	3
	Горькое (Троицкое)	3,25
	Горькое (Карасье, Чердынское)	3,25

	Шамеля (Сульфатное)	3,25
	Б. Курейное (Теренколь)	3,25
	Островное	3,25
	Атаичье	3,25
	Соленое (Лепокурово)	3,25
	Чебаклы	3,25
	Горькое (Палецкое)	3,25
	Шашмура	3,5
	Горькое (Воскресенка, Лопаревское)	3,5
	Горькое (Краснознаменка)	3,5
	Круглое (Владимировка)	3,5
	Горькое (Соловьевка)	3,5
	Куропатово	3,5
	Горькое (Сетово)	3,75
	Яманиган	3,75
Условно промысловые  11 озер	Малое Горькое (Борки)	4
	Горькое (Окунево)	4
	Соленое- Окунево	4
	Малый Баган	4
	Горькое (Осинники)	4
	Коммунарское 1	4,25
	Горькое (Октябрьское)	4,25
	Горькое (Берсеневска)	4,25
	Озеро 1 (Сивково )	4,25
	Соленое (Романовка)	4,25
	Соленое (Ленинское)	4,75

Вылов цист артемии в озерах, отнесенных к высшей категории (Большое Яровое, Эбейты, Большое Медвежье, Малое Медвежье, Кулундинское, Малое Яровое, Кучукское), составляет более 80% от вылова по России. Суммарная площадь этих озер равна 1142 км<sup>2</sup>, что составляет 73% от площади всех гипергалинных озер Западной Сибири. В разделе 6.2 дана более подробная информация по этим водоемам.

#### 6.8.2 Рейтинг гипергалинных озер по репродуктивным показателям аборигенной артемии

В середине прошлого века предпринимались первые попытки культивирования артемии для производства цист в водоемах залива Сан-Франциско, где цисты получали как побочный продукт солеварен. С тех пор артемия культивируется на пяти континентах. Наиболее успешно культивирование развито во Вьетнаме и Китае (в районе залива Бохай). При этом используются либо местные популяций, либо *Artemia franciscana*.

В России *Artemia franciscana* является чужеродным видом, поэтому для выращивания артемии в природных водоемах России необходимо определить местные наиболее продуктивные популяции артемии. Для этих целей были исследованы 7 популяций озер

Западной Сибири и для сравнения была взята популяция *Artemia franciscana* из озера Great Salt Lake [164; 218].

Характеристика местобитания исследованных популяций представлена в табл. 26, а расположение озер – на рис. 103.

Таблица 26. Характеристика местобитания исследованных популяций артемии

№	Название озера	S, км <sup>2</sup>	H, м	Σц, г/дм <sup>3</sup>
<i>Artemia parthenogenetica</i>				
1	Сорочье	2,2	0,8	213; 263
2	Гашково	3,5	0,9	164
3	Б.Медвежье	38,3	0,8	129; 182
4	Сиверга	52,1	0,6	86; 74
5	Эбейты	83,3	0,8	128
6	Ульжай	8,6	0,6	92
7	Б. Яровое	66,7	4,4	155
<i>Artemia franciscana</i>				
Great Salt Lake		2 500-6 000	4,9	90-160

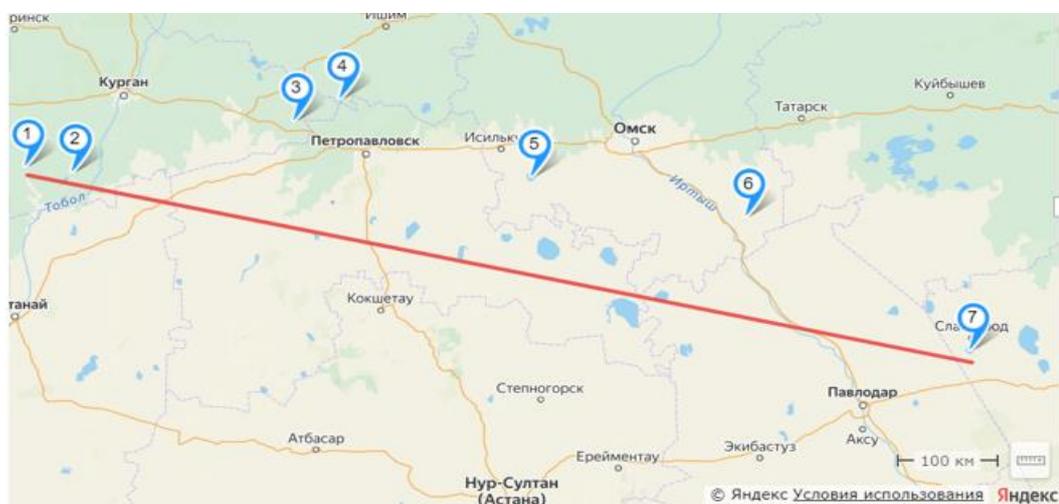


Рис. 103. Месторасположение исследованных популяций: 1 – Сорочье, 2 – Гашково, 3 – Б.Медвежье, 4 – Сиверга, 5 – Эбейты, 6 – Ульжай, 7 – Б.Яровое

Для анализа репродуктивных характеристик из цист, отобранных на 7 водоемах, а также из цист оз. GSL (из собственной коллекции) были получены науплиусы, которые выращивались до половозрелой стадии в одинаковых близких к оптимальным условиям [218]. По итогам этого выращивания были проанализированы результаты следующих показателей (табл. 27): продолжительность жизни (ПЖ), предрепродуктивного периода (прРП),

репродуктивного периода (РП), количество потомков от одной самки (N), процент цистообразования (Ц%), процент живорождения (Ж%). В целом было проанализировано 893 особи.

Таблица 27. Средние значения репродуктивных показателей артемии изученных популяций

Озера/популяции/вид	n	ПЖ, сут	прРП, сут	РП, сут	N, экз.	Ц%	Ж%
<i>Artemia parthenogenetica</i>							
Сиверга	173	60	28	32	165	38	62
Сорочье	157	66	38	28	105	77	24
Б.Медвежье	141	65	17	44	96	54	46
Ульжай	72	53	19	30	89	51	49
Эбейты	69	52	25	26	83	45	55
Гашково	62	47	21	22	70	45	55
Б.Яровое	148	52	19	33	95	24	77
<i>Artemia franciscana</i>							
Great Salt Lake	71	57	17	39	94	49	51
ИТОГО	893						

Примечания: синим цветом обозначены наихудшие результаты, красным – наилучшие

Первое место (1 ед.) по каждому критерию присваивалось за лучшие показатели, последнее — за худшие (8–11 ед. для разных критериев). В табл. 28 показаны результаты такого расчета.

Таблица 28. Рейтинг популяций артемии по продукционным показателям

Озера/популяции	ПЖ, сут	прРП, сут	РП, сут	N, экз.	Ц%	Ж,%	Σц	Р ц	Σж	Рж
Сиверга	3	5	4	1	6	2	19	3	15	2
Сорочье	1	6	6	2	1	7	16	2	22	4
Б.Медвежье	2	1	1	3	2	6	9	1	13	1
Ульжай	5	2	5	6	3	5	21	4	23	5
Эбейты	6	4	7	7	5	3	29	6	27	6
Гашково	7	3	8	8	5	3	31	7	29	7
Б.Яровое	6	2	3	4	7	1	22	5	16	3
Great Salt Lake	4	1	2	5	4	4	16	2	16	3

Рейтинг продуктивных показателей исследованных сибирских популяций артемии позволил выявить, что для получения продукции цист наилучшей является популяция озера Большое Медвежье, на втором и третьем местах - Сорочье и Сиверга; для получения биомассы рачков — также популяции озер Большое Медвежье, на втором и третьем местах - Сиверга и Большое Яровое. Популяция американской артемии из озера Great Salt Lake, массово используемая для аквакультуры во всем мире, оказалась в этом рейтинге только на 2-ой позиции по продукции цист и на 3-й позиции – по биомассе рачков.

Приведенные в исследовании примеры рейтинговой оценки промысловых гипергалинных водоемов и популяций артемии могут быть использованы для других озер и популяций, как в России, так и в других странах ближнего и дальнего зарубежья.

### **6.9 Идентификация популяций артемии по цистам**

Популяционная идентификация артемии по цистам имеет не только научное, но и практическое значение. Особенно это имеет значение в судебной практике при задержании незаконно добытых цист артемии. Известно, что цисты различаются по морфометрическим, биохимическим и генетическим признакам. Остается открытым вопрос: насколько тесно закреплены эти признаки за популяцией. Проведенные исследования не дают однозначного ответа.

Из семи (по некоторым данным 9) видов артемии, обитающих на планете, в России встречаются три: в водоемах Крыма - *Artemia salina* и *Artemia urmiana*; в Тыве (оз. Сватиково) – *Artemia sinica* [153; 421; 485, 486]. В последнее время появились данные о находках *Artemia franciscana* в водоемах Крыма [148]. Абсолютное большинство популяций России относятся к группе неопределенных до вида популяций, размножающихся партеногенетически - *Artemia parthenogenetica*.

О необходимости идентификации коммерческих образцов цист артемии говорилось еще в 2002 г. на Международном научно-исследовательском семинаре, проведенном в Москве [19; 526]. К этому времени на мировой рынок стали поступать различные виды и географические расы артемии, как из США, так и из Азии (Западная Сибирь, Казахстан, Туркменистан, Китай). По некоторым характеристикам эти цисты значительно отличались от цист *Artemia franciscana* Kellog 1906 из оз. Great Salt Lake (США, Юта), являющихся "стандартом" в аквакультурной практике [526]. Это касалось особенностей диапаузы, цвета хориона, размеров цист и науплиусов, содержания высоконасыщенных жирных кислот, плавучести, процента и скорости вылупления и т.д.

Позже, в связи с незаконной добычей цист, возникла потребность идентификации партеногенетических популяций в России. В печати появились многочисленные публикации [102; 156; 250 и др.], в части из них говорилось либо о существенных межпопуляционных различиях диаметра цист, позволяющих идентифицировать популяции, в других - о нестабильности этого признака в одной популяции в разные годы. Общим недостатком этих работ было небольшой исторический ряд данных по популяциям в разные годы.

Проведенные исследования [156; 163; 424] позволяют оценить возможности этого метода идентификации.

## 6.9.1 Морфометрические методы идентификации

### 6.9.1.1 Диаметр цист

Оценка морфометрических показателей цист, отобранных в 2008-2019 гг. была проведена по 13 популяциям Западной Сибири, обитающим в озерах с разной соленостью: Большое Медвежье (соленость в годы отбора проб 168-293 г/л), Малое Медвежье (164-321), Гашково (132-164), Невидим (112-175), Сорочье (213-263), Актобан (83-190), Сиверга (74-86), Ульжай (105-235), Эбейты (135-344), Большое Яровое (147-155), Малое Яровое (201), Кучукское (240), Кулундинское (80).

На рис. 104 показано месторасположение анализируемых популяций.

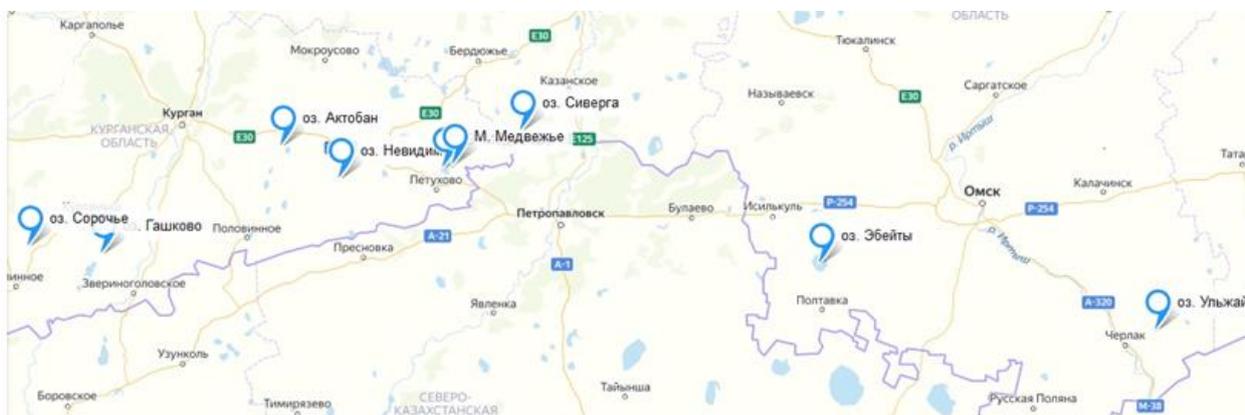


Рис. 104. Месторасположение гипергалинных озер, источников происхождения исследованных проб цист артемии (по Litvinenko et al., 2021 [424])

В исследованных пробах абсолютные значения диаметра цист находились в пределах 210-330 мкм, средние по пробам - 243,5-282,9, средние по популяциям - 257,8-279,6 мкм (рис. 105). Наибольший диаметр цист отмечен в популяциях озер Малое Яровое ( $279,6 \pm 0,8$  мкм), Кучукское ( $278,9 \pm 0,8$ ), Актобан ( $275,9 \pm 7,0$ ). Несколько меньше цисты из популяций озер Невидим ( $273,3 \pm 1,4$ ) и Ульжай ( $272,9 \pm 2,1$ ), Самые мелкие цисты наблюдаются в популяции озер Гашково ( $257,8 \pm 4,5$ ) и Малое Медвежье ( $258,4 \pm 2,0$ ). Цисты из озер Большое Яровое, Эбейты, Большое Медвежье и Кулундинское имели близкие значения: соответственно  $261,6 \pm 9,0$ ,  $265,2 \pm 2,1$ ,  $265,8 \pm 1,8$ ,  $267,8 \pm 0,8$  мкм. Следовательно, цисты основных промысловых водоемов с ежегодным средним выловом (Большое Медвежье - 102 т, Эбейты - 133 т, Большое Яровое - 308 т, Кулундинское - 240 т) в сумме 783 т, составляющим около 70% всего вылова по России, имеют близкие размеры цист (262-268 мкм).

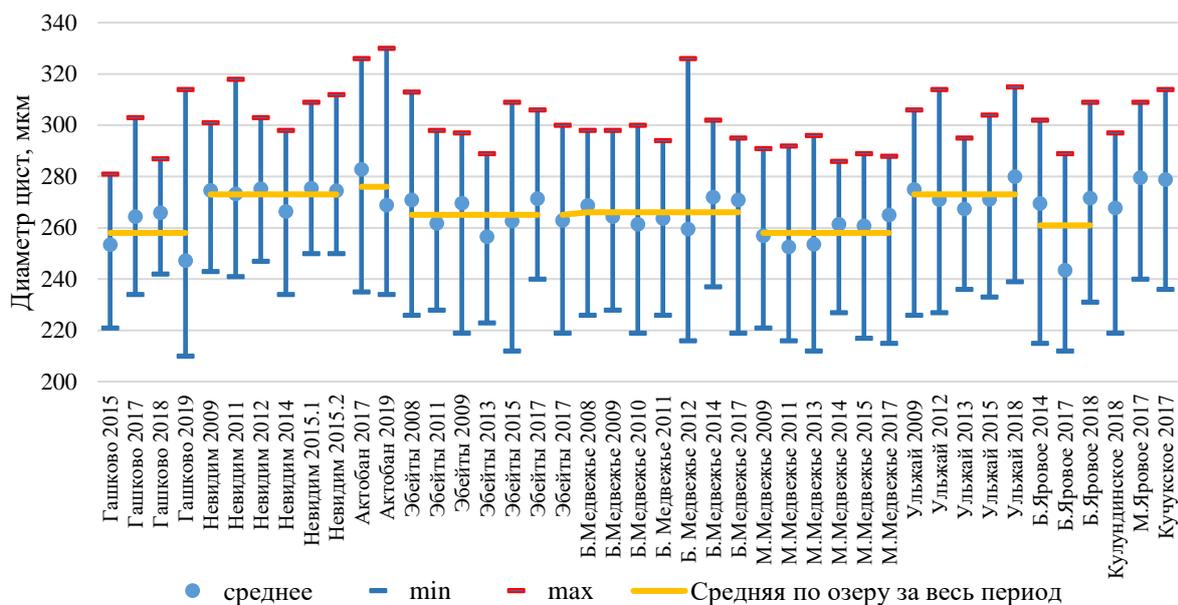


Рис. 105. Диаметр цист артемии из 11 озер Западной Сибири (по Litvinenko et al., 2021 [424])

Анализ изменчивости диаметра цист в отдельно взятой пробе ( $n = 300$ ) показал, что стандартное отклонение признака находится в пределах 8,8-17,0 (в среднем  $SD_1 = 12,6$ ), коэффициент вариации – от 3 до 6 (в среднем  $Cv_1 = 4,7\%$ ).

Анализ внутривидовой изменчивости диаметра цист (популяция в разные годы,  $n = 3-7$ ) показал, что стандартное отклонение признака находится в пределах 3,5-15,7 (в среднем  $SD_2 = 7,3$ ), коэффициент вариации – от 1,3 до 6,0 (в среднем  $Cv_2 = 2,7\%$ ).

Анализ данных межпопуляционной изменчивости исследованных сибирских популяций ( $n = 11$ ) показал, что средний диаметр цист исследованных популяций находится в пределах 258-280 мкм;  $M_3 \pm m_3 = 268,82 \pm 2,47$ ;  $SD_3 = 7,8$ ;  $Cv_3 = 2,9\%$ .

Полученные результаты свидетельствуют о том, что межпопуляционная изменчивость меньше изменчивости диаметра цист в каждой пробе, но больше, чем изменчивость в каждой популяции в разные годы.

Таким образом, результаты исследований показали, что изменчивость средних значений диаметра цист между популяциями несколько больше, чем в отдельной популяции в разные годы и значительно меньше, чем в отдельно взятой пробе.

Анализ достоверности различий всех выборок (43 пробы цист) между собой показал, что 78% сравниваемых пар имеют различия на уровне значимости  $p \leq 0,001$  и 86% - на уровне значимости  $p \leq 0,05$ .

Анализ достоверности внутривидовых различий показал, что меньше всего различаются цисты из оз. Невидим (только сбор 2014 г. отличался от других лет); в остальных

популяциях на высоком уровне значимости доля достоверно различающихся проб разных лет сбора была в пределах 62-100% (в среднем - 75%), что близко к значениям сравнения по всему массиву данных.

Пробы цист, отобранные в озере с разницей в 1 месяц, показали в одном случае (Невидим 2015.1 и 2015.2) близкие значения диаметра цист  $275,6 \pm 0,7$  и  $274,5 \pm 0,7$  мкм; в другом случае (Эбейты 2017.1 и 2017.2) - далекие:  $271,4 \pm 0,7$  и  $263,0 \pm 0,8$  мкм.

Проведенные исследования показывают трудности в использовании этого анализа для идентификации популяций.

Привлечение к средствам идентификации кластерного анализа сходства данных по диаметру цист (рис. 106) тоже не позволило точно идентифицировать популяции, поскольку одни и те же популяции в разные годы входили в различные кластеры.

По территориальному признаку также не было зафиксировано различий. Наиболее удаленные от других популяции озер Алтайского края присутствовали во всех кластерах, за исключением кластера Г. Цисты из озер Невидим (2015 г.) и Эбейты (2017), отобранные с разницей в месяц, (см. табл. 1), на дендрограмме попали в разные кластеры.

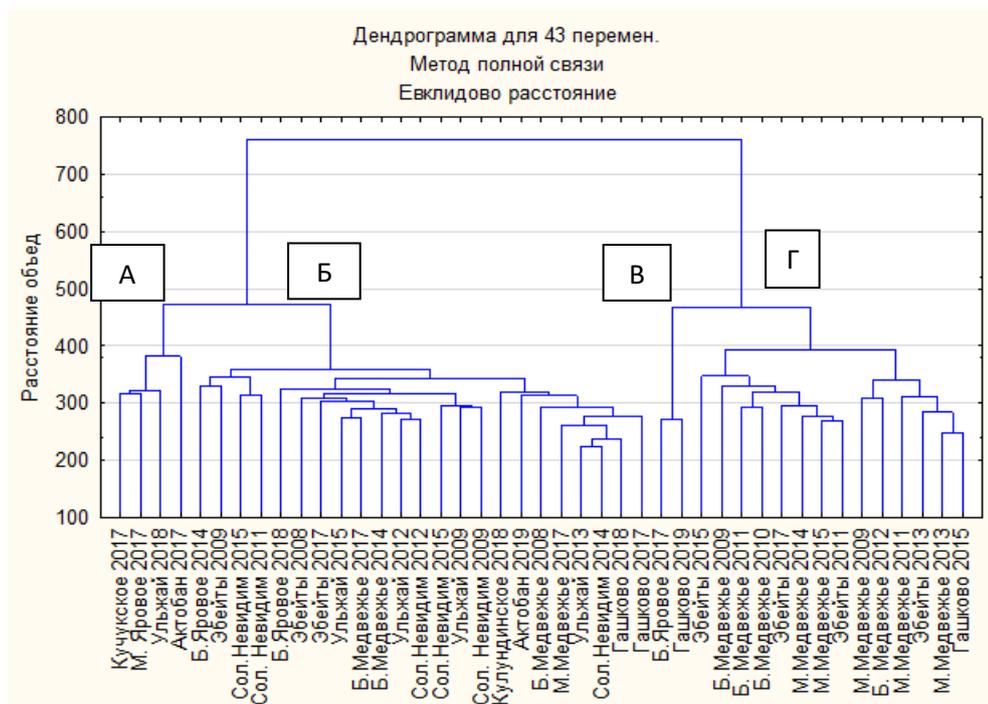


Рис. 106. Дендрограмма кластерного анализа по диаметрам цист артемии исследованных популяций (по Litvinenko et al., 2021 [424])

Фото исследованных проб цист, отобранных из одного и того же озера в разные годы (рис. 107), наглядно свидетельствуют об отсутствии строго зафиксированного за популяцией определенного диаметра цист.

А



Б. Яровое, 2017 г. ( $243,52 \pm 0,62$  мкм)



Б. Яровое, 2018 г. ( $271,66 \pm 0,79$  мкм)



Гашково, 2019 ( $247,19 \pm 0,69$  мкм)



Гашково, 2017 г. ( $264,45 \pm 0,68$  мкм)

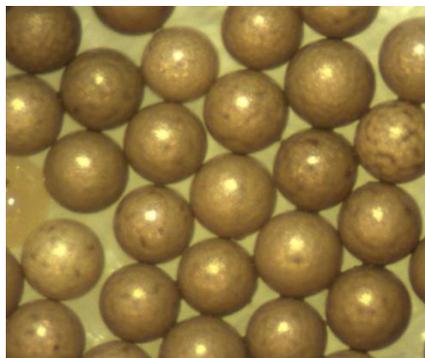


Б. Медвежье, 2012 г. ( $259,60 \pm 0,80$  мкм)



Б. Медвежье, 2014 г. ( $272,01 \pm 0,71$  мкм)

Б



Кучукское, 2017 г. ( $278,89 \pm 0,78$  мкм)



Малое Яровое, 2017 г. ( $279,55 \pm 0,75$  мкм)

24%

цист с пятнами

4% цист с пятнами

Рис. 107. Фото цист исследованных популяций в разные годы с наибольшим различием размеров цист (А), с пятнами на цистах (Б) (по Litvinenko et al., 2021 [424])

Однако фото рис. 107Б, где показаны цисты с пятнами может быть в некоторой степени диагностическим признаком для цист озера Кучукское, поскольку в большинстве популяций (см. рис. 107) пятна на оболочке цист встречаются редко, их доля в основном не превышает 5% и только в озере Кучукское достигает 24% (рис. 108).

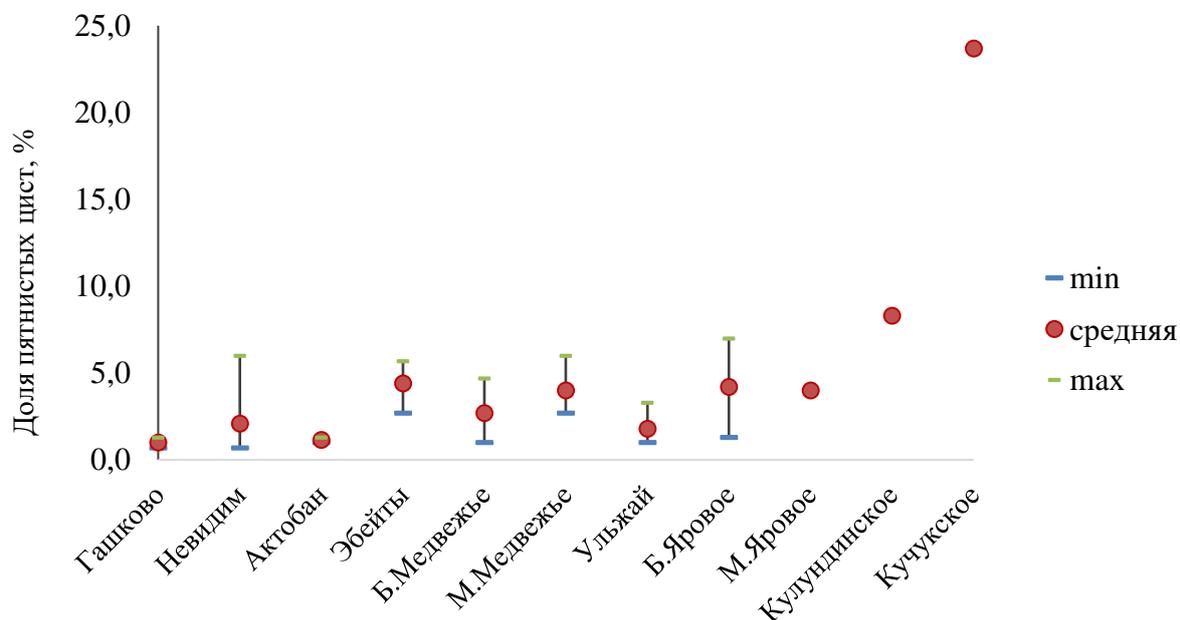


Рис. 108. Доля цист с пятнами в исследованных в разные годы популяциях артемии (по Litvinenko et al., 2021 [424])

Изучение морфологии поверхности хориона цист озера Алтайского края с помощью сканирующей электронной микроскопии [102] позволило выявить три типа поверхности хориона, что по мнению авторов может служить в некоторой степени дифференцирующим популяции признаком.

#### 6.9.1.2 Толщина хориона

В исследованных популяциях абсолютные значения толщины хориона цист артемии находились в пределах от 3,3 мкм (Ульжай, 2017) до 16,9 мкм (Эбейты, 2009); средние по популяциям значения – в пределах от  $6,56 \pm 0,29$  мкм (Гашково) и  $7,01 \pm 1,22$  мкм (Ульжай) до  $12,43 \pm 1,13$  мкм (Эбейты). Цисты из озера Б.Медвежье, М.Медвежье и Невидим имели промежуточные значения толщины –  $8,08 \pm 0,74$ ,  $8,54 \pm 0,75$  и  $9,56 \pm 1,38$  мкм соответственно (рис. 109).

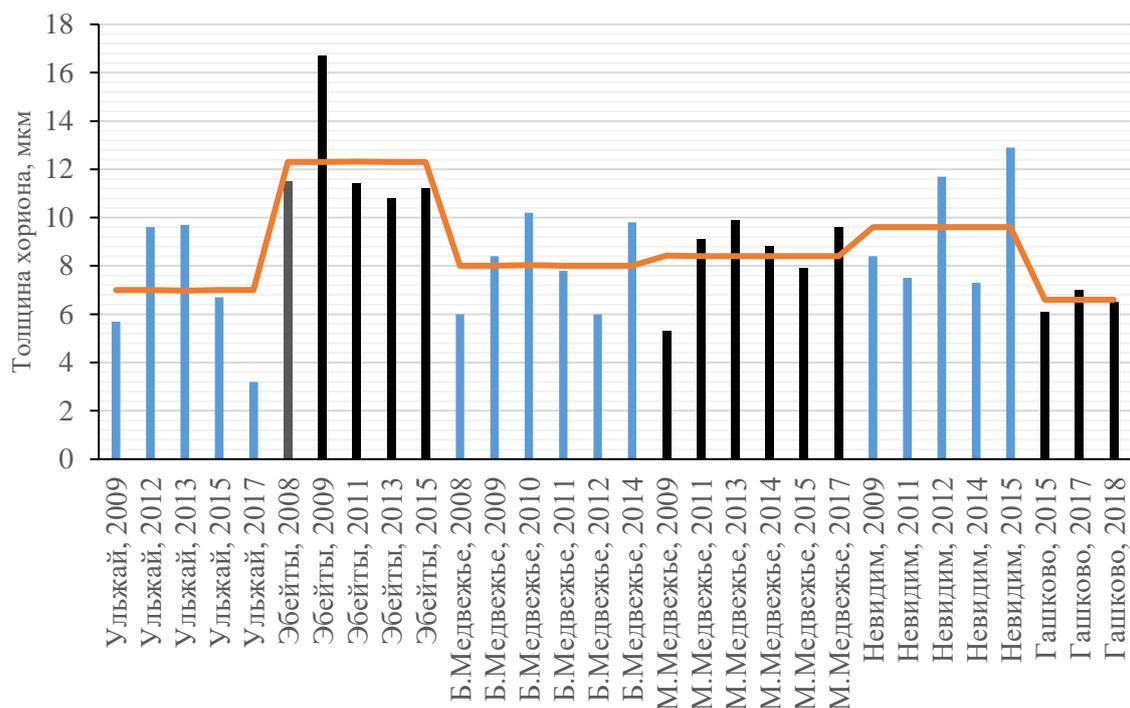


Рис. 109. Толщина хориона цист из разных популяций (по Litvinenko et al., 2021 [424])

Внутрипопуляционный размах варьирования в разные годы толщины хориона, выраженный через отношение максимальных и минимальных значений, был незначительным в популяции оз. Гашково (1,2), средним в популяциях озер Невидим, М.Медвежье и Б.Медвежье (1,8-2,0) и значительным – в популяциях озер Ульжай и Эбейты (2,9-3,0). Достоверные различия в толщине хориона отмечены для 33% пар: Гашково – М.Медвежье; Эбейты – все озера, кроме Невидим.

Таким образом, из изученных цист западно-сибирских популяций наиболее обособленными по комплексу параметров являются цисты оз. Гашково, как самые мелкие, имеющие тонкий хорион и малую пятнистость, озера Эбейты с более толстым хорионом, а также цисты оз. Кучукское, имеющие ярко выраженную пятнистость.

Небольшое количество проб за ряд лет в озерах Алтайского края (Кучукское, Кулундинское и Б.Яровое), а также разрозненные литературные данные также вызывают трудности в идентификации. Так, для цист озера Кулундинское показаны малые размеры [52; 250]: 230-240 мкм, а в наших исследованиях эти цисты по размерам мало отличаются от средних значений других сибирских популяций. Наши данные за три года по озеру Б.Яровое свидетельствуют о значительных колебаниях в размерах цист в разные годы (от 244 до 272 мкм, в среднем 261 мкм).

Для полноценного анализа возможности популяционной идентификации цист России по размерам цист необходимо иметь репрезентативные (за ряд лет) данные по цистам

промысловых водоемов Крыма поскольку в судебной практике имелись случаи подмены одних партий заготовок на другие. В настоящее время мы располагаем лишь отдельными несистематизированными данными по популяциям залива Сиваш [235] с цистами, значительно различающимися в размерах: Западный Сиваш –  $271,0 \pm 1,0$  мкм и Восточный Сиваш –  $227,0 \pm 1,0$  мкм. В другой работе [8] размеры цист партеногенетических популяций артемии Крыма также сильно различались, что объяснялось разной ploидностью: у диплоидных популяций диаметр цист был равен 243 мк, у полиплоидных – 279 мкм. По нашим данным размеры цист залива Сиваш, собранных в 2016 г. в среднем были равны  $247,0 \pm 2,3$  мкм [156].

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- размеры цист, толщина хориона в одной популяции артемии в разные годы значительно колеблются;
- пробы цист, отобранные на водоеме в разные сроки одного года, могут иметь как сходные, так и различные значения;
- основные промысловые озера, на которые приходится около 70% всего вылова по России, имеют близкие размеры цист (262-268 мкм);
- значительный полиморфизм цист и не закреплённость признака в одной популяции в разные годы не могут служить надежным идентифицирующим популяцию показателем;
- пятна на цистах, возможно, имеют перспективу дифференциации некоторых популяций артемии.

#### 6.9.2 Кариологические и генетические методы идентификации

Диплоидный набор хромосом всех бисексальных видов артемии составляет 42 хромосомы, за исключением *Artemia persimilis* (обитателя водоемов Аргентины) с набором хромосом – 44. Партеногенетические популяции характеризуются разным уровнем ploидности: диплоиды ( $2n=42$ ), триплоиды ( $3n=63$ ), тетраплоиды ( $4n=84$ ) и пентаплоиды ( $5n=105$ ). Изучение изменчивости числа хромосом в зависимости от условий обитания [102] показало, что с увеличением солености воды увеличивается частота полиплоидных клеток у рачков. В исследовании был установлен клон с основным числом хромосом равным 18.

Современные генетические технологии позволяют достаточно точно определить вид артемии. В настоящее время в России отмечена встречаемость четырех бисексуальных видов артемии:

- трех из них на территории Крыма (*A. salina*; *A. urmiana*; *A. franciscana*),

- один вид в оз.Сватиково (*A. sinica*) в Тыве [22, 23, 24, 25].

Абсолютное большинство популяций России относятся к партеногенетическим.

#### 6.9.2.1 Применение генетического анализа для идентификации цист с неизвестным происхождением

Для оценки возможности применения ДНК-анализа для идентификации российских популяций были проведены исследования, в которых образцы цист №1-16 имели неизвестное происхождение (ННН-промысел), 17 и 18 - Сиваш, 19 - Б.Яровое (2014 г.), 20 - *Artemia franciscana* Kellog, 1906 (GSL,2015 г.), 21- Б Медвежье (2016 г.), 22 - Б. Медвежье (2014 г.), 23 - Эбейты (2015 г.), 24 - Эбейты (2013 г.), 25 - Эбейты (2017 г.).

Молекулярно-генетический анализ проведен в Институте молекулярной и клеточной биологии СО РАН (Новосибирск) с выделением ДНК по стандартному протоколу. С помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР) со следующими праймерами ArtCOI-F2: 5'-GGCCACTTTACTTATGCAACG-3', ArtCOI-R2: 5'-АТАТСААТТСТАГААТТCGAAAGGAC-3' на фрагмент субъединицы цитохромоксидазы I с митохондриальной ДНК (мтДНК) длиной 1100 пар нуклеотидов (пн) [443]. Проводили определение первичной структуры (секвенирование) по Сэнгеру на капиллярном секвенаторе (ABI 3500 Genetic Analyser, Applied Biosystems). Во избежание ошибок прочтение каждого фрагмента проводили с двух сторон. Сравнивали полученные последовательности ДНК с известными последовательностями артемии, описанными ранее [443, 307].

Результаты анализа мтДНК цист из проб представлены на рис. 110. Оказалось, что только образец 20, относящийся к американскому виду *A. franciscana* (номер Genbank X69067, [457], наиболее генетически отдален от остальных образцов. Неизвестные образцы (1-3, 5-8), а также образцы из озер Б. Медвежье (2014 г. и 2016 г.), Эбейты (2013 г., 2015 г. и 2017 г.), Б. Яровое (2014 г.) и залива Сиваш относятся (или очень близки) к гаплотипу вида *A. urmiana*, описанному в литературе [443].] и к собранному в Казахстане гаплотипу DQ426825 *Artemia* sp. Kazakhstan Pilla, Beardmore, 1994 [388]. Неизвестные образцы 4, 9-16 относятся (или очень близки) к виду *A. sinica* (гаплотипы BRK7 (5n), BRK3 (5n), BRK2 (5n) из [307]. Среди группы образцов *A. sinica* обнаружено самое большое генетическое разнообразие (см. рис. 110), что, согласно литературным данным [317] свойственно партеногенетическим популяциям.

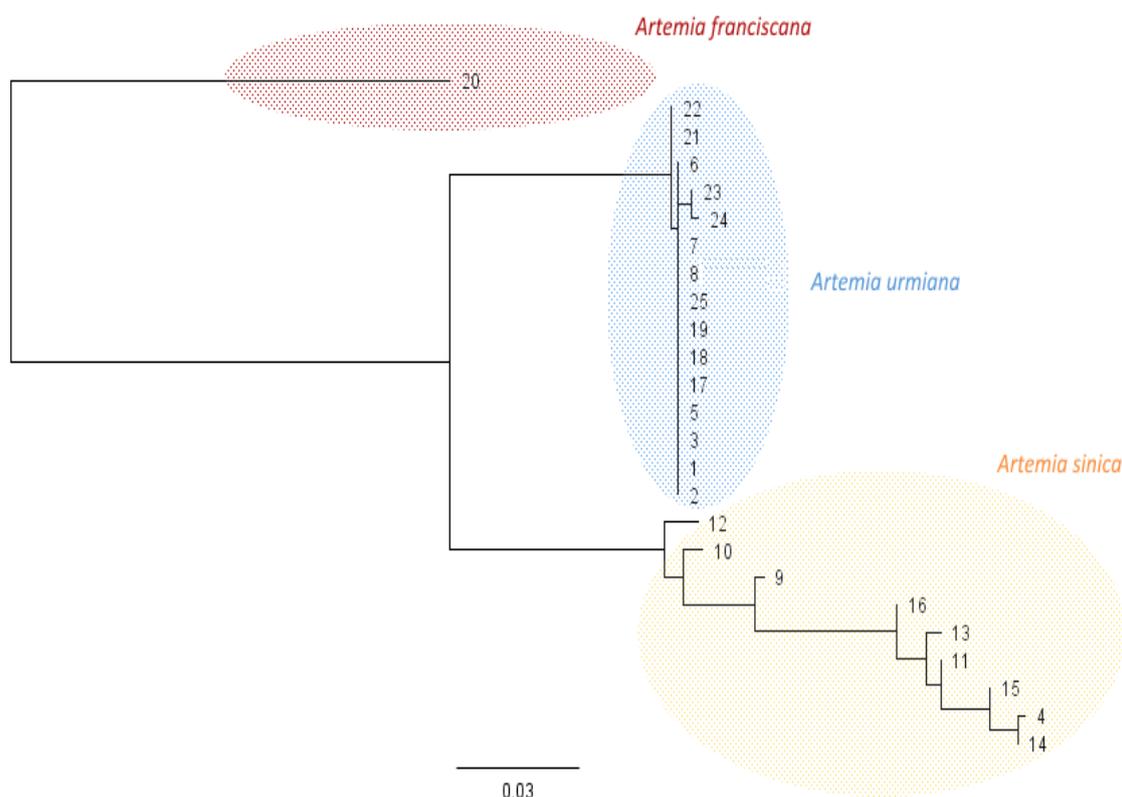


Рис. 110. Древо максимального правдоподобия, построенное на 600 пн субъединицы I цитохромоксидазы I мтДНК из полученных образцов (по Литвиненко и др., 2018 [156])

Таким образом, генетический анализ ДНК показал, что только *A. franciscana* достаточно надежно идентифицируется указанными методами, в отношении партеногенетических популяций России пока не выявлены четкие дифференцирующие маркеры. В литературе и в наших предшествующих публикациях отмечена подобная низкая дифференциация между партеногенетическими диплоидными популяциями и бисексуальными видами *A. urmiana*, *A. tibetiana* Abatzopoulos, Zhang, Sorgeloos, 1998 и *A. sp.* [153; 307; 327; 421; 432], а также между тетра- и пентаплоидными партеногенетическими популяциями и бисексуальным видом *A. sinica* [153; 307; 421]. Близость партеногенетических популяций к видам *A. urmiana*, *A. sp. Kazakhstan* и *A. tibetiana* подтверждается общими митохондриальными гаплотипами ДНК и согласно некоторым авторам [317; 432; 443] возможно связана с их происхождением от этих видов.

Таким образом, генетические анализы, позволяющие надежно дифференцировать разные виды артемии пока еще бессильны в отношении идентификаций популяций партеногенетической артемии.

### 6.9.2.1 Оценка популяционно-генетической структуры артемии в водоемах России и Арале

Популяции артемии в России и в Арале относятся к «Евроазиатскому гаплотипному комплексу», идентификация которых вызывает трудности в связи с относительно недавним расхождением их от общего предка в позднем плиоцене (5,41 млн лет назад) [357]. Установлено, что диплоидные и триплоидные популяции близки к виду *A. urmiana*, тетра- и пентаплоидные - к виду *A. sinica* [307]. Таким образом, исследования разных авторов, основанные как на анализе митохондриальных, так и ядерных маркеров показали трудности в идентификации *A. urmiana*, обитающей в Крыму и ди- и триплоидных партеногенетических популяций. Эти популяции нуждаются в дальнейшем изучении с особым акцентом на статус репродуктивного режима (бисексуальный или партеногенез). Идентификация партеногенетической артемии на уровне популяций в водоемах северной части Евроазиатского гаплотипного комплекса является не только сложной научной задачей, но и насущной потребностью для предотвращения ННН-промысла цист артемии на территории России, Казахстана и Узбекистана.

Для анализа изменчивости генетических показателей артемии разных популяций России и Арала и оценке возможности популяционной идентификации проведены исследования 32 водоемов в разные годы [29]. Всего проанализировано 56 проб цист. Обработка проб проведена сотрудниками отдела молекулярной генетики ФГБНУ "ВНИРО" на основе изучения метагенома – совокупного генома сообщества с использованием метабаркодинга, идентификации таксономического состава сообщества артемии из одного озера путем амплификации и секвенирования фрагмента гена COI митохондриальной ДНК и локуса ITS ядерного генома.

Выделение ДНК проводилось из навески массой 100 мг (количество «живых цист» в каждой пробе составляло более 5000 экз.). Каждая навеска цист заворачивалась в кусок стерильной алюминиевой фольги и разрушение оболочек цист проводилось путем сильного удара молотком по конверту с навеской цист, лежащей на гладкой стальной поверхности. Выборочно проводился визуальный контроль степени разрушения оболочек цист с использованием бинокулярного микроскопа МБС-10. Кашица из разрушенных цист помещалась целиком в лизирующий буфер, и далее выделение ДНК проводилось по стандартной методике.

Для амплификации фрагмента гена COI были разработаны праймеры: COIintF\_Art\_ILL (ctacacgacgctctccgatctACTCTCCTTTTAGCTAGATCTATRGT) и HCO2198\_Art\_ILL (cagacgtgtgctctccgatctAyACtTCaGGyTGrCCaAARAACa), специфичные для различных

видов рода *Artemia* и имеющие специфические последовательности, комплиментарные Illumina TruSeq адаптерам.

Продукты амплификации COI для каждой кумулятивной пробы смешивались и в ходе второго этапа ПЦР в ампликон внедрялись TruSeq адаптеры с индивидуальными для каждой пробы индексами.

Очистка полученных библиотек проводилась на магнитных частицах Ampure с использованием протокола производителя, молярность библиотеки оценивалась на флуориметре Qubit v3 с набором HSDNA. Проведение метагеномного анализа проведено на приборе Illumina MiSeq в отделе Молекулярной генетики ЦА ВНИРО с использованием ячейки MiSeq NANO v2 с длиной парных чтений 250 +250 пар нуклеотидов (п.н.). Биоинформационная обработка полученных чтений проводилась с использованием пакета USEARCH v11 [358] с учетом рекомендованных процедур на сайте создателя программы [547].

Статистический и кластерный анализы проводились с использованием программ Excel и Statistica.

На рис. 111 представлено месторасположение исследованных популяций артемии, которое можно условно сгруппировать в три центра: Крым, Западная Сибирь и Арал. Исследованные озера находятся в пределах 44<sup>0</sup> и 55<sup>0</sup> северной широты и 33<sup>0</sup> и 79<sup>0</sup> восточной долготы. Расстояние между наиболее удаленными озерами составляет 3300 км. Морфологические характеристики водоемов (площадь, глубина), а также соленость различались (табл. 29). В трех водоемах (Бурлинское, Малое Шкло, Сиваш) на период отбора проб цист зафиксированы бисексуальные популяции, в озере Сасык-Сиваш – тип размножения не известен. Все остальные популяции – партеногенетические.

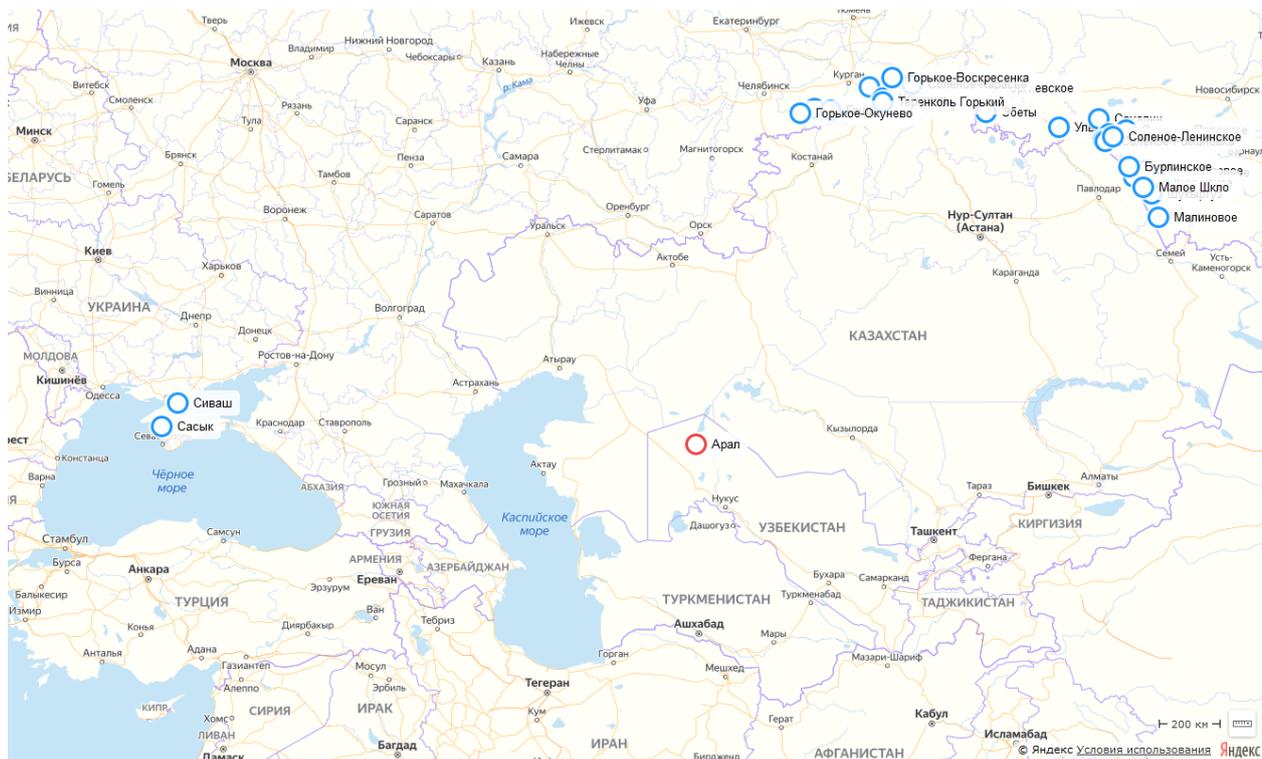


Рис. 111. Карта с исследованными популяциями артемии из озер России и Арала (Узбекистан)

Таблица 29. Характеристика биотопов исследованных популяций артемии

№ пробы	Название водоема	Координаты	Год сбора цист	S, га	Средняя глубина, м	Солёность*, г/л	Тип размножения
<b>Российская Федерация</b>							
<b>Алтайский край</b>							
1,2,3,8 2	Большое Яровое	52°52'N, 78°36'E	2017,2018, 2019, 2019.1	6670	4,5	155 (135-204)	п
14, 83	Малое Яровое	53°02'N, 79°07'E	<b>2017, 2019</b>	3500	2,4	220 (180-280)	п
13	Кулундинское	52°59'N, 79°31'E	<b>2018</b>	72000	2,3	100 (40-180)	п
15,81	Кучукское	52°42'N, 79°47'E	<b>2017, 2019</b>	18100	1,2	270 (216-320)	п
34	Бурлинское	53°08'N, 79°25'E	<b>2017</b>	3160	0,9	180-254	б
35	Малиновое	51°44'N, 79°44'E	2017	1140	0,7	126-275	п
36	Шукыртуз	52°22'N, 79°24'E	<b>2017</b>	520	0,4	180-240	п
84	Малое Шкло	52°57'N, 79°05'E	<b>2019</b>	154	1,0	160-180	б
<b>Новосибирская область</b>							
44	Горькое (Палецкое)	54°23'N, 78°01'E	2018	104	0,6	158-180	п
47	Малый Баган	53°52'N, 77°10'E	2018	132	0,7	308 (230-406)	п
48	Соленое	53°50'N, 77°16'E	2018	144	0,6	306(272-370)	п
49	Соленое	53°58'N, 77°38'E	2018	122	0,6	329 (268-468)	п
33	Каратаево	54°3'N, 77°26'E	2015	225	0,5	134 (87-180)	п
28	Сахалин	54°28'N, 76°57'E	2015	240	0,5	220 (122-406)	п

Омская область							
19,20,21	Ульжай	54°15'N, 75°06'E	<b>2012,2015,2018</b>	864	0,6	110 (49-235)	п
4,5,6	Эбейты	54°38'N, 71°42'E	2009,2013,2017	8330	0,8	207 (86-396)	п
Тюменская область							
38,39,40	Сиверга	55°24'N, 68°44'E	2012,2013,2015	5213	0,6	42-115	п
Курганская область							
41	Горькое (Карасье)	55°24'N, 68°18'E	2018	159	0,8	115-254	п
10,11,12	Малое Медвежье	55°12'N, 68°03'E	<b>2011,2015,2017</b>	14480	0,8	208 (124-321)	п
7,8,9	Большое Медвежье	55°11'N, 67°59'E	<b>2010,2014,2017</b>	3810	0,8	200 (110-293)	п
27	Ново-Георгиевское	55°18'N, 67°52'E	<b>2013</b>	185	0,8	102 (65-176)	п
45	Горькое	55°35'N, 67°23'E	2018	108	0,4	43-75	п
29	Филатово	54°48'N, 67°02'E	2015	2364	0,5	104 (50-175)	п
42,43	Б.Курейное (Теренколь)	54°56'N, 66°56'E	2015, 2018	371	0,6	45-148	п
37	Требушинное	55°02'N, 66°55'E	2015	308	0,8	29-130	п
22,23,24	Соленое (Невидимое)	55°08'N, 66°55'E	2011, <b>2014</b> ,2015	718	0,7	116 (66-185)	п
25,26	Актобан	55°19'N, 66°19'E	2017, 2019	587	0,4	(57-417)	п
30,31,32	Гашково	54°41'N, 64°31'E	<b>2017,2018,2019</b>	351	0,9	124 (53-172)	п
16,17,18	Сорочье (Вишняковское)	54°44'N, 63°47'E	2009,2011,2015	220	0,8	192 (68-371)	п
46	Горькое (Окунево)	54°37'N, 63°11'E	2015	75	1	47-79	п
Крым							
51	Сиваш	46°07'N, 34°03'E	2016	256000	1,0	50 (22-87)	б
52	Сасык	45°10'N, 33°30'E	2017	7530	0,5	(90-160)	-
Республика Узбекистан							
50	Арал (ст.2)	44°27'N, 58°16'E	2017	350000	15	150(100-200)	п

Примечание: \* соленость среднеголетняя, в скобках пределы солёности за ряд лет; кластер А (см. рис. ниже) – жирным курсивом, кластер В – жирным шрифтом; кластер Б – остальные.

Анализ гаплотипического разнообразия по участку гена COI в исследованных пробах выявил наличие 1 152 346 парных чтений. После фильтрации по качеству выявлено 17 массовых гаплотипов, что составляет 5% от всего числа полученных последовательностей в пробе, и 60 уникальных, представленных более чем в 0,5% исследованных популяциях.

На рис. 112 показано распределение встречаемости выявленных гаплотипов исследованных популяций артемии.

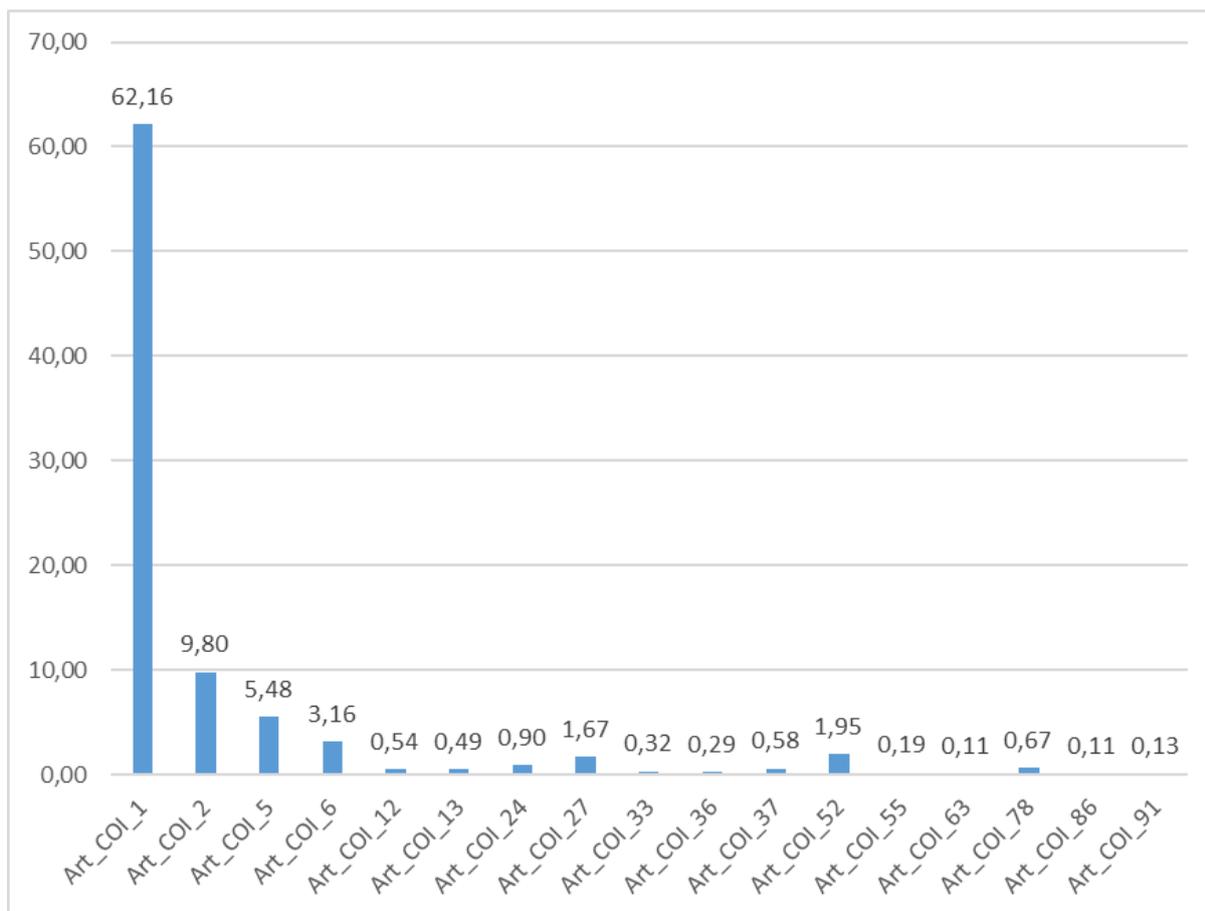


Рис. 112. Распределение встречаемости выявленных гаплотипов исследованных популяций артемии

Распределение массовых гаплотипов показало, из выявленных 17 гаплотипов восемь являются доминирующими в исследованных популяциях артемии. Единственный гаплотип, который присутствует во всех пробах, это гаплотип Art\_COI\_1 с частотой встречаемости  $62,15 \pm 3,07$ , с доминирующей концентрацией в более половины исследованных популяций, за исключением озер Эбейты (2013, 2017), Б. Медвежье (2017), М. Медвежье (2017), Гашково (2017, 2018), Бурсоль (2017), Малиновое (2017), М. Шкло (2019).

Второй из наиболее распространенных гаплотипов Art\_COI\_2 с частотой встречаемости  $9,80 \pm 2,69$  обнаружен в 37 исследованных популяциях артемии, доминируя по частоте в озерах Ульжай (2012, 2015) и Гашково (2017).

Доминирующими гаплотипами в других популяциях являются Art\_COI\_5 (озера Б. Медвежье (2017), М. Медвежье (2017)), Art\_COI\_6 (озеро Эбейты (2013, 2017)), Art\_COI\_24 (озеро Малиновое (2017)), Art\_COI\_27 (озеро Гашково (2018)), Art\_COI\_52 (озеро Бурсоль (2017)), Art\_COI\_78 (озеро М. Шкло (2019)).

Анализ распределения гена COI митохондриальной ДНК артемии в исследованных популяциях выявил существенное отличие двух выборок из озер Алтайского края – озера

Бурсоль (2017) и Малое Шкло (2019). Основное распределение гаплотипов в них приходится на Art\_COI\_52, Art\_COI\_55, Art\_COI\_63, Art\_COI\_78, Art\_COI\_86, Art\_COI\_91. Доминирование этих гаплотипов по частоте редко встречалось в остальных исследованных популяциях. Рачки этих двух популяций размножались половым путем. При этом распределение гаплотипов у исследованной популяции из озера Сиваш, рачки которых также размножались также половым путем, было аналогичным всем остальным с партеногенетическим способом размножения. Этот факт требует дополнительных исследований, поскольку культивирование рачков из этой же пробы цист озера Сиваш показало соотношение самок и самцов соответствовало 91:36 (28% самцов в пробе). Возможно, при достаточно близком расположении между собой крымских озер происходит смешение партеногенетических и бисексуальных популяций.

Гаплотипический состав как в количественном, так и в качественном соотношении у артемии озер Большое Яровое, Малое Яровое, Эбейты, Большое Медвежье, Малое Медвежье, Вишняковское (Сорочье), Ульжай, Соленое, Кучукское, Соленое (Невидимое), Актобан, Гашково, Сиверга, Большое Курейное (Теренколь) за несколько лет практически не менялся по годам. Это связано, прежде всего, с большим размером популяций артемии, в том числе за счет покоящихся цист, скопления которых на дне водоемов и погруженных в грунт и солевые отложения, могут быть значительны. Это приводит к инертности гаплотипического разнообразия каждого из озер.

Результаты кластеризации изученных популяций рачков методом UMAP представлены на рис. 113. Кластеризация демонстрирует четкое деление артемии исследованных озер на три отдельные группы. Первая группа представлена выборками артемии из озер исключительно Курганской области: Б. Медвежье (2010, 2014, 2017), М. Медвежье (2011, 2015, 2017), Соленое (Невидимое) (2014), Ново-Георгиевское (2013). Наиболее многочисленной оказалась вторая группа озер, которая включает 35 точек сбора материала (цист артемии) для исследования, в том числе из Узбекистана и Крыма. Третья группа включает артемию преимущественно из озер Алтайского края и Омской области (Бурсоль, Малое Шкло 2019, Ульжай (2012, 2015, 2018), Кучукское 2019, Шукуртуз 2017, Малое Яровое 2017, 2019, Кулундинское 2018).

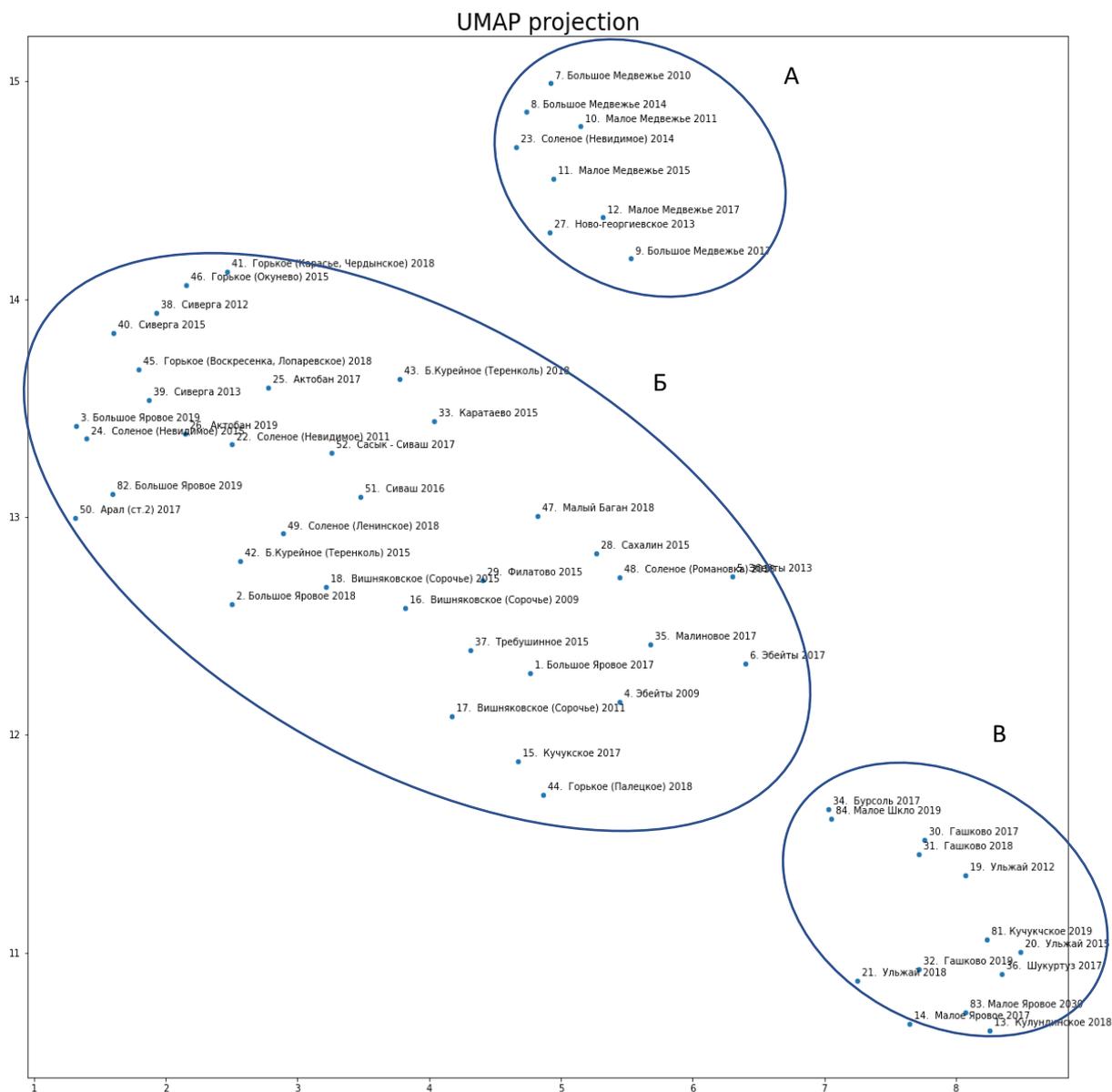


Рис. 113. Результаты кластеризации гаплотипического состава цист изученных популяций артемии методом UMAP на три кластера: А, Б, В

Все исследованные популяции относятся к артемии с партеногенетическим типом размножения, за исключением рачков из залива Сиваш (Крым), озер Малое Шкло и Бурсоль (Алтайский край). Интересно, что двуполая артемия из озер Малое Шкло и Бурсоль четко отделилась от всех других популяций при кластеризации гаплотипов с использованием программы Statistica, представленной на рис. 114, при этом бисексуальная популяция из озера Сиваш не выделилась по примененным маркерам.

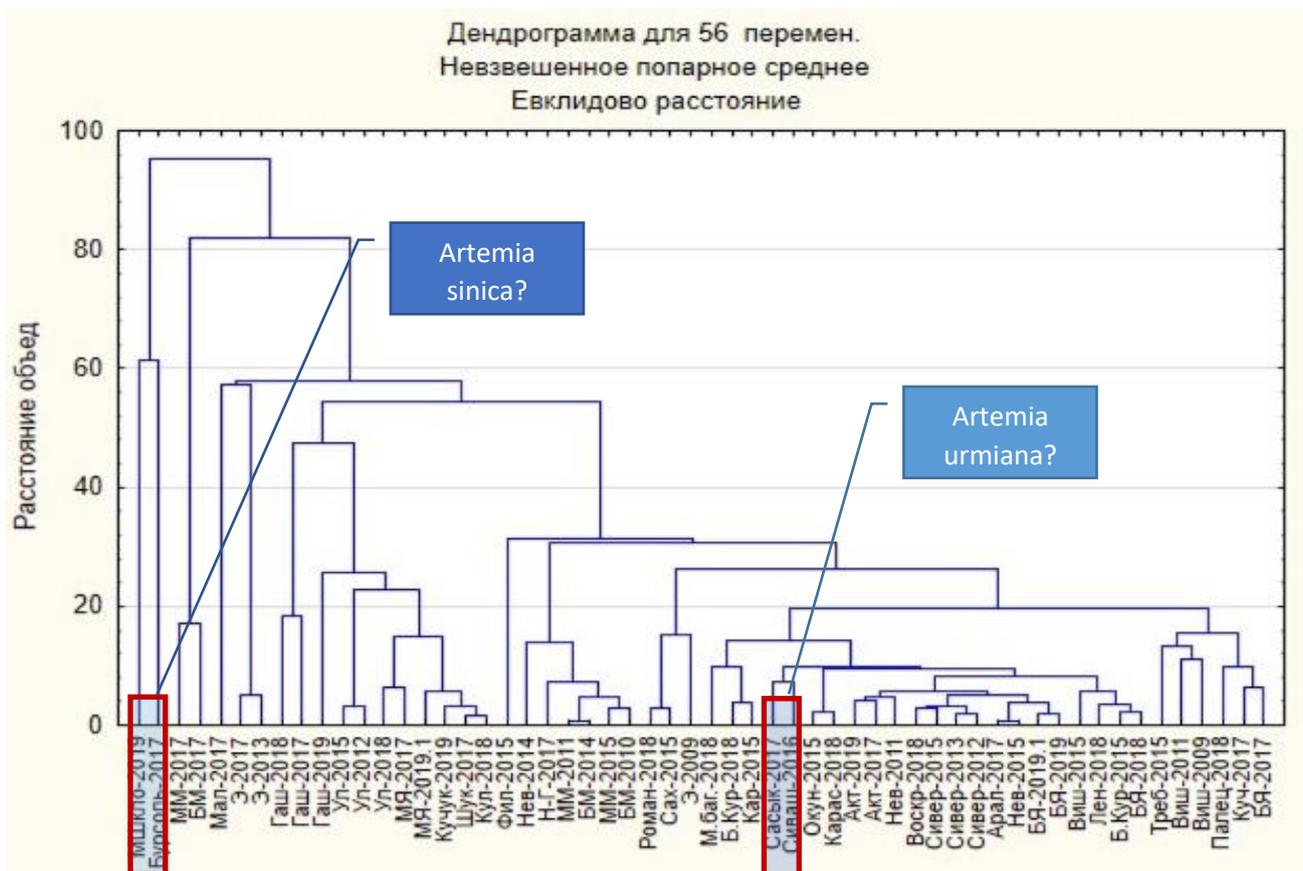


Рис. 114. Дендрограмма гаплотипического состава цист изученных популяций артемии

Значительное расстояние между анализируемыми популяциями предполагает наличие разобщенности в потоке генов. Известно несколько основных путей географического распространения артемии, в числе которых водоплавающие перелетные птицы (шилоклювки, розовый фламинго, пеганка и другие утиные). Миграции птиц на рассматриваемой территории проходят в меридиональном направлении, причем для крымских озер свойственен средиземно-черноморский путь миграции, для Арала - западноазиатско-африканский, для водоемов Сибири – западноазиатско-африканский и центрально-азиатский [323]. Этим, возможно, и объясняется наличие видов *A. sinica* на восточной части ареала артемии и *A. urmiana* – на западной. Расстояние между озером Сватиково (Дус-Холь), где обнаружен вид *A. sinica* [24; 25; 153; 327; 421] в Тыве (Россия), и бисексуальными популяциями *A. sinica* из Внутренней Монголии (Китай) составляет около 1160 км, от озера Урмия (Иран) до озера Кояшское -1200 км, где обнаружен вид *A. urmiana*, до водоема Сиваш – 1300 км. В то время как расстояние между артемиевыми водоемами западной и восточной части анализируемой территории - в 3 раза больше. Таким образом, сомнения некоторых ученых [310] в достоверности наличия вида *A. sinica* в водоемах восточной части российского ареала, основанные только на анализе расхождения молекулярных часов, не оправданы не только с

географической точки зрения, но и полученными в ходе этого исследования результатами. Оказалось, что популяция артемии из озера Сиваш (бисексуальный тип размножения которой был определен не только в пробах планктона, но и культивированием цист) кластеризуется по гену COI вместе с партеногенетическими популяциями, что было также показано в более ранних исследованиях [156]. В то время, как две бисексуальные популяции на восточной части ареала (Малое Шкло и Бурсоль), объединились в отдельный кластер, что, возможно, свидетельствует о принадлежности их к виду *A. sinica*, либо, согласно последним данным [312], к виду *Artemia sorgeloosi*.

Таким образом, проведенные исследования гена COI митохондриальной ДНК является пригодным для генетической идентификации и определения гаплотического разнообразия артемии в разных ареалах обитания. Однако следует отметить, что с учетом малого количества выборок и полученных гаплотипов серьезные выводы делать преждевременно. Для дальнейшего изучения генетического разнообразия артемии в изучаемых водоемах необходимо расширить район исследований и число исследуемых выборок, сопоставляя полученные результаты метабаркодинга по гену COI с биологией артемии, включая функциональную структуру ареала. На данный момент существующие генетические методы не позволяют достаточно надежно идентифицировать популяции артемии северной части Евразии по цистам, за исключением бисексуальных популяций Алтайского края, вероятно, относящихся к виду *A. sinica* или *A. sorgeloosi*.

### 6.9.3 Биохимические методы идентификации

Использование биохимических методов перспективно для популяционной идентификации, в связи с тем, что такой показатель, как состав жирных кислот определяется окружающей средой, а не генетикой. В исследованиях [403; 438; 439] было показано, что состав жирных кислот у взрослых рачков, а также у цист, которые они производят связан с рационом рачков. Таким образом, цисты артемии, образующиеся в больших соленых озерах с одним преобладающим видом водорослей (например, Great Salt Lake, штат Юта), имеют более постоянный состав жирных кислот с течением времени, чем цисты из выпариваемых прудов, в которых виды водорослей могут заметно меняться как во времени, так и в пространстве.

В отношении аминокислотного состава науплиусов артемии имеются сведения, что этот состав не сильно различается в разных популяциях, то есть не связан с окружающей средой, как жирные кислоты. Кроме того, 10 незаменимых аминокислот, необходимых рыбе, обычно в достаточном количестве присутствуют в науплиусах артемии.

В отношении содержания витаминов в цистах артемии разных популяций нет данных, поскольку исследования эти редкие. Есть литературные данные [452], свидетельствующие о том, что уровни ниацина, пиридоксина и рибофлавина в артемии несколько ниже рекомендованных для холодноводных рыб.

Изучение изменчивости содержания минералов и микроэлементов в цистах артемии, также, возможно, может иметь значение для идентификации популяций, поскольку может отражать состав подстилающих пород. Имеются литературные данные о том, что из всех элементов содержание селена и марганца наиболее переменное, а в некоторых случаях селен может даже не присутствовать в достаточном количестве [342].

К сожалению, для российских популяций в литературе [6; 44; 85; 91; 98; 114; 178; 192; 225; 228; 241; 442 и др.] приводятся лишь отрывочные, несистематизированные сведения по отдельным элементам биохимии рачков и цист. Для использования этого метода для популяционной идентификации, как и в случае с размером цист, необходимы данные по многим популяциям за ряд лет.

### **6.10 Аквакультура артемии**

Аквакультура, как один из основных источников снабжения человечества белковой пищей, нуждается в стабильном поступлении живых стартовых кормов. Среди всех существующих на данный момент живых кормов для молоди рыб и ракообразных цисты артемии заслужили признание как наиболее удобные в обращении корма. Благодаря этим цистам, согласно последним данным [130; 489], ежегодно выращивается более 10 миллионов тонн ценных видов аквакультуры (креветки, крабы, различные морские рыбы). Основная часть цист идет на выращивание в инкубаторах гигантской пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii* (de Man, 1876). В России в настоящее время ни одно осетровое хозяйство не обходится без использования артемии для кормления личинок рыб. Основные мировые запасы цист артемии сосредоточены на территории нескольких стран (США, Китай, Россия, Казахстан, Узбекистан), где ежегодно заготавливается от 3,0 до 4,5 тыс. тонн цист в сухом весе. Характерной особенностью промысловых артемиевых водоемов является то, что это бессточные относительно мелководные озера, расположенные в умеренно-континентальной засушливой климатической зоне. В условиях меняющегося климата запасы артемии очень уязвимы. Во многих странах тропического и субтропического климата (Таиланд, Вьетнам, Кения, Мозамбик, Шри-Ланка, Перу, Филиппины, Иран) предпринимаются попытки выращивания артемии в прибрежных сезонных соленых прудах. Для водоемов умеренного

климата такие технологии не приемлемы. Перед российскими учеными стояли задачи изучить возможность выращивания артемии в природных соленых водоемах с местной популяцией артемии для получения добавочной продукции цист.

Многолетний круглогодичный мониторинг абиотических и биотических факторов пяти модельных гипергалинных озер: Вишняковское, Невидим, Большое Медвежье, Малое Медвежье и Эбейты, а также трех озер, исследованных только в вегетационный сезон: Ново-Георгиевское, Чердынское, Ульжай, расположенных в южной части Западной Сибири (см. рис. 1) позволил выявить закономерности в развитии популяций артемии [418; 422; 513]:

- зимовка в виде цист,
- первая генерация рачков самая мощная за счет вылупления науплиусов из перезимовавших цист при прогреве воды до 5°C (середина апреля),
- последующие 2-я и 3-я генерации - затухающие из-за низкого живорождения,
- отмирание рачков в середине октября при устойчивом переходе через температуру 5°C.

Исследования показали, что в период, когда должны формироваться промысловые запасы цист в водоеме (август-сентябрь), как правило, половозрелые рачки встречаются единично (рис. 115).

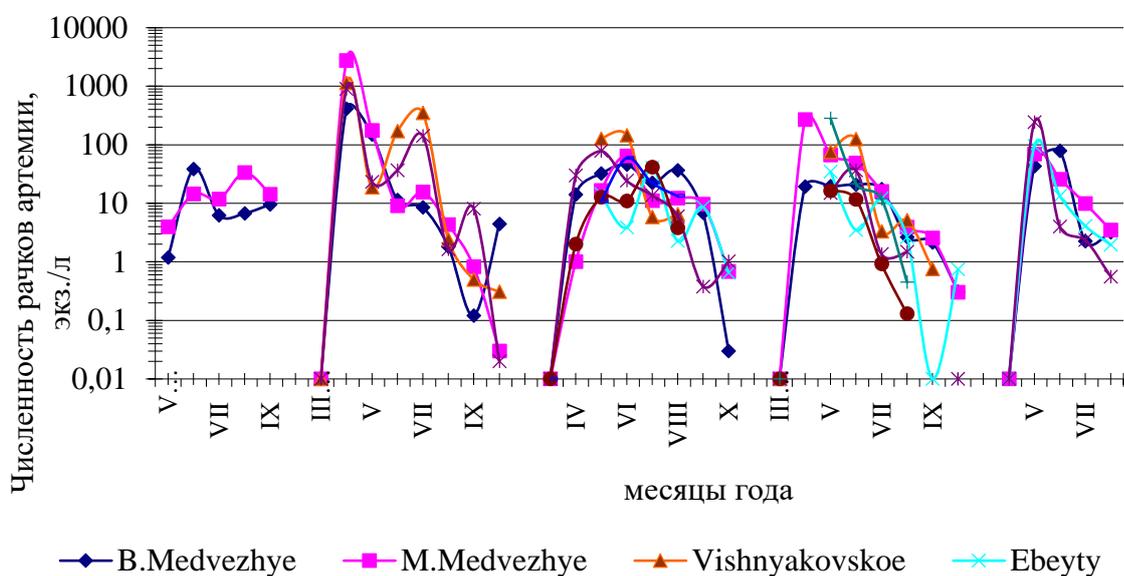


Рис. 115. Сезонная динамика численности рачков артемии в модельных озерах (по Литвиненко и др., 2009 [153])

На рис. 116 представлены суммарные показатели динамики численности и биомассы рачков артемии, выраженные через отношение фактических значений к средним. Оказалось, что максимальная численность рачков артемии, превышающая среднесезонную в 3 раза,

наблюдается в конце апреля, затем следует резкий спад до конца вегетационного сезона. В период 2-ой и 3-й генераций рачков (июнь и сентябрь) этот спад несколько замедляется. В динамике биомассы рачков пик наблюдается в июне, то есть в период, когда рачки первой генерации достигают половозрелой стадии. Биомасса рачков в это время превышает среднесезонные показатели в 2 раза. Следующий пик биомассы рачков (меньший по величине, чем первый и ниже среднесезонных значений) наблюдается в сентябре.

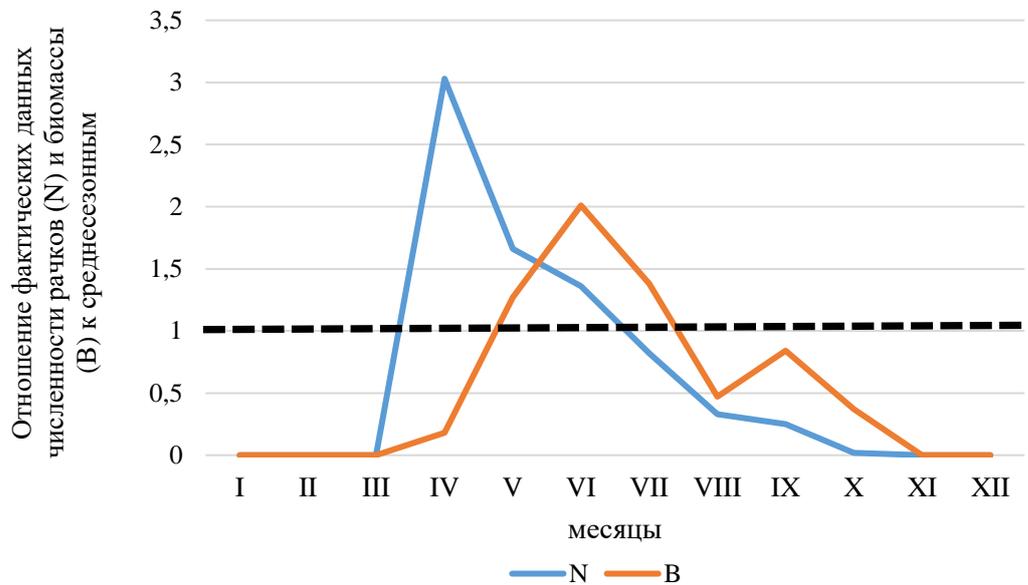


Рис. 116. Годовая динамика численности (N) и биомассы (B) рачков артемии по среднеголетним значениям относительно средней величины

Таким образом, с июня по август наблюдается резкое снижение численности и биомассы рачков артемии за счет отмирания взрослых стадий 1-ой самой мощной генерации рачков. При этом высококормный водоем (из-за большого количества органики отмерших рачков) во второй половине лета в основном пустует. Внесение в этот период науплиусов позволяет создать дополнительную мощную генерацию и тем самым вдвое увеличить продуктивность водоемов.

Идея об инокуляции науплиусов артемии в период спада численности естественной популяции (рис. 117) была впервые озвучена на Международной Конференции в 2015 г. [420]. В последующие годы были выполнены ряд экспериментов для воплощения этой идеи в практику, а также получен патент на изобретение «Способ увеличения продукции цист артемии в гипергалинных озерах» [166].

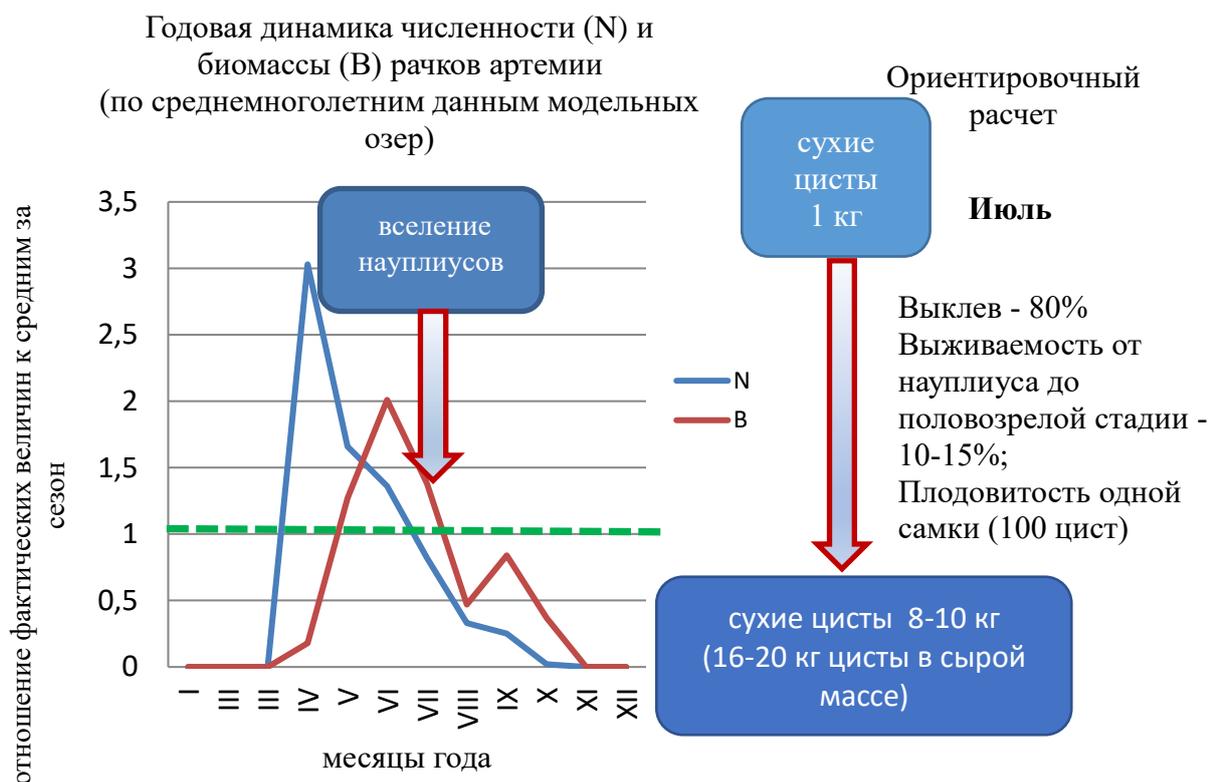


Рис. 117. Фрагмент доклада на Международной конференции [420]

#### 6.11.1 Лабораторные исследования по определению оптимальной солености при инкубации цист

Были проведены лабораторные исследования по инкубации цист в воде с разной соленостью. При этом использовалась природная рапа озер, разбавленная водопроводной отстоянной водой до нужных концентраций: 1-100‰. Выклюнувшие науплиусы планировалось выпустить в природный водоем с относительно высокой соленостью от 100 ‰ и больше. Поэтому для снижения осмотического шока необходимо выбрать наиболее приемлемую соленость. На рис. 118 видно, что максимальный выклев наблюдается при наименьших значениях солености (1-15‰), при солености более 45‰ наблюдается существенное снижение процента выклева. Таким образом, при инкубации цист и инокуляции науплиусов в природный водоем была рекомендована соленость 35-45‰.

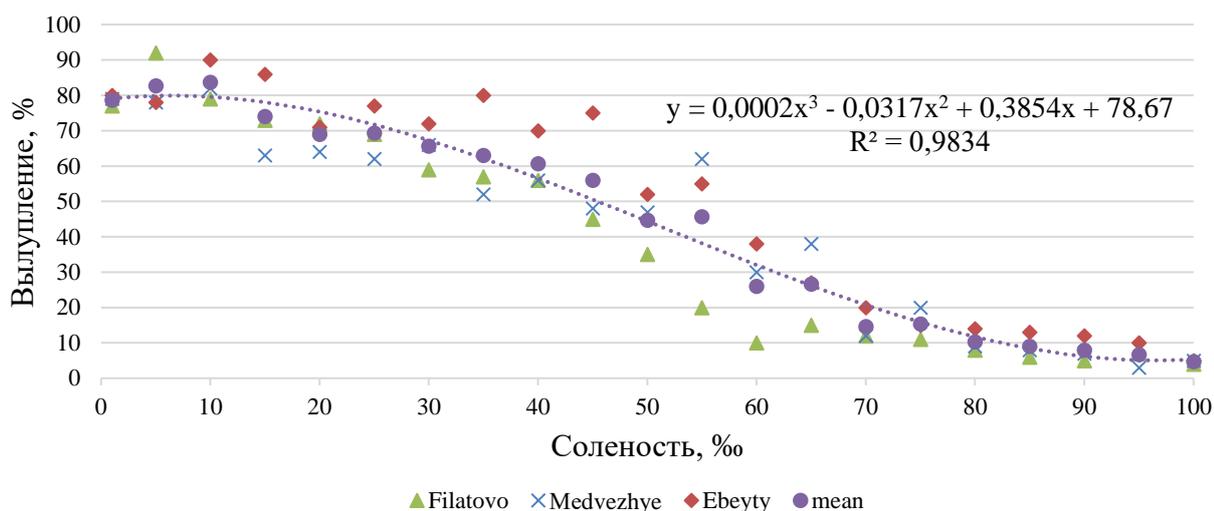


Рис. 118. Вылупление науплиусов в рапе озер при разной солености (по Litvinenko et al., 2023 [427])

Изучение выживаемости науплиусов после их выпуска в среду с соленостью от 0,5 до 195‰ показало (рис. 119), что на вторые сутки (48 ч) после выпуска 100% выживаемость регистрируется в опытах с соленостью 45-180‰, на 60 ч от начала опыта максимальная выживаемость (около 80%) отмечена при солености 45-120‰. Снижение выживаемости до 48-59% наблюдалось и при низкой и при высокой солености. В воде с соленостью 135-165‰ выживаемость рачков была в пределах 67-69%.

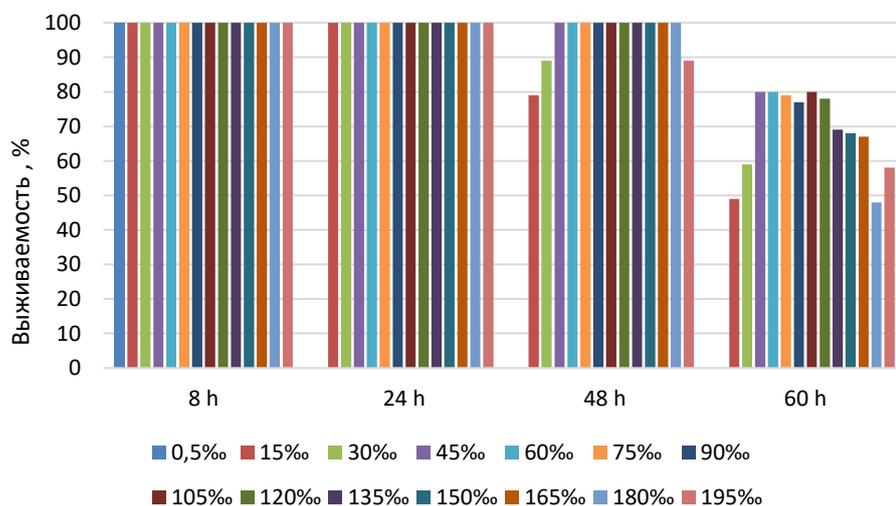


Рис. 119. Выживаемость науплиусов после их инокуляции в рапу с разной соленостью (по Litvinenko et al., 2023 [427])

Таким образом, было наглядно показана устойчивость науплиусов артемии к гипергалинному шоку.

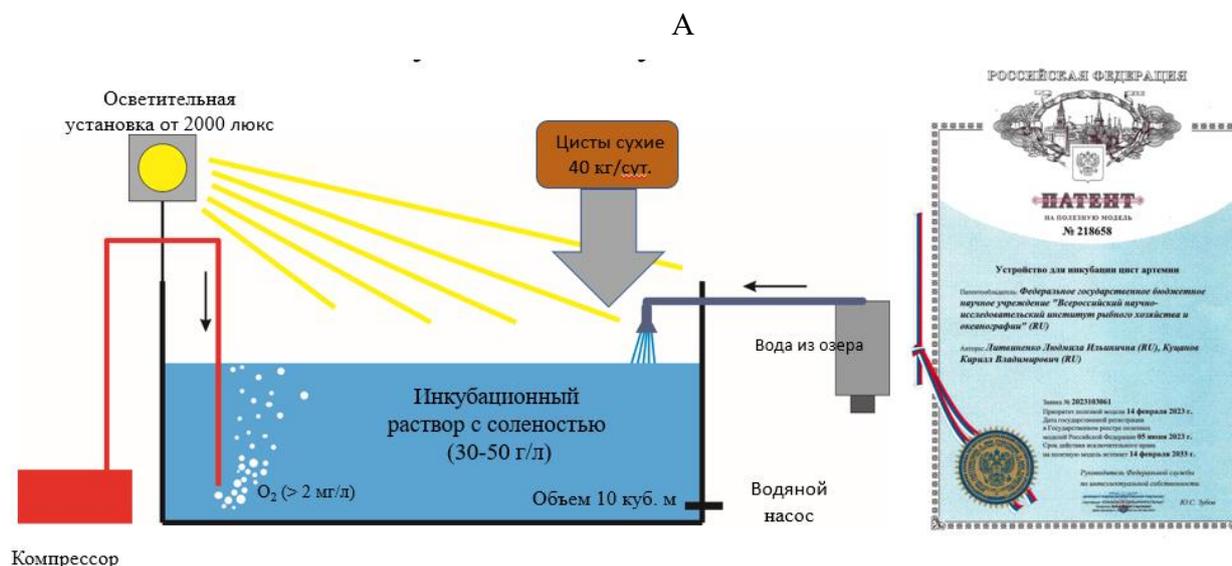
## 6.10.2 Натурные исследования инокуляции науплиусов в соленые озера

Экспериментальные работы по инокуляции науплиусов были проведены в полевых условиях на трех озерах Западной Сибири с разной соленостью:

- 125 г/л в оз. Ульжай (Омская область, S=864 га, глубина – 0,6 м) в 2015 г.,
- 85-90 г/л в оз. Соленое (Тюменская область, S=79 га, глубина – 0,75 м) в 2019 и 2020 гг.;
- 150-190 и 320 г/л в озере Карасье (Курганская область, S=159 га, глубина – 0,6 м) в 2020 и 2021 гг.

Результаты исследований были отражены в патентах, а также в русских и зарубежных публикациях [146; 161; 166; 400; 422; 427 и др.].

Для вселения науплиусов в озера были использованы инкубационные установки объемом около 10 м<sup>3</sup> (рис. 120), которые предусматривали освещение в ночное время, аэрацию с использованием эрлифтов, выпуск науплиусов насосами [167].



Б



Рисунок 120. Инкубационная установка: А – схема, Б – установка в полевых условиях

Изучение численности рачков артемии разных возрастных стадий до инокуляции и после, представленное на рис. 121, наглядно свидетельствует о положительных результатах проведенных работ.

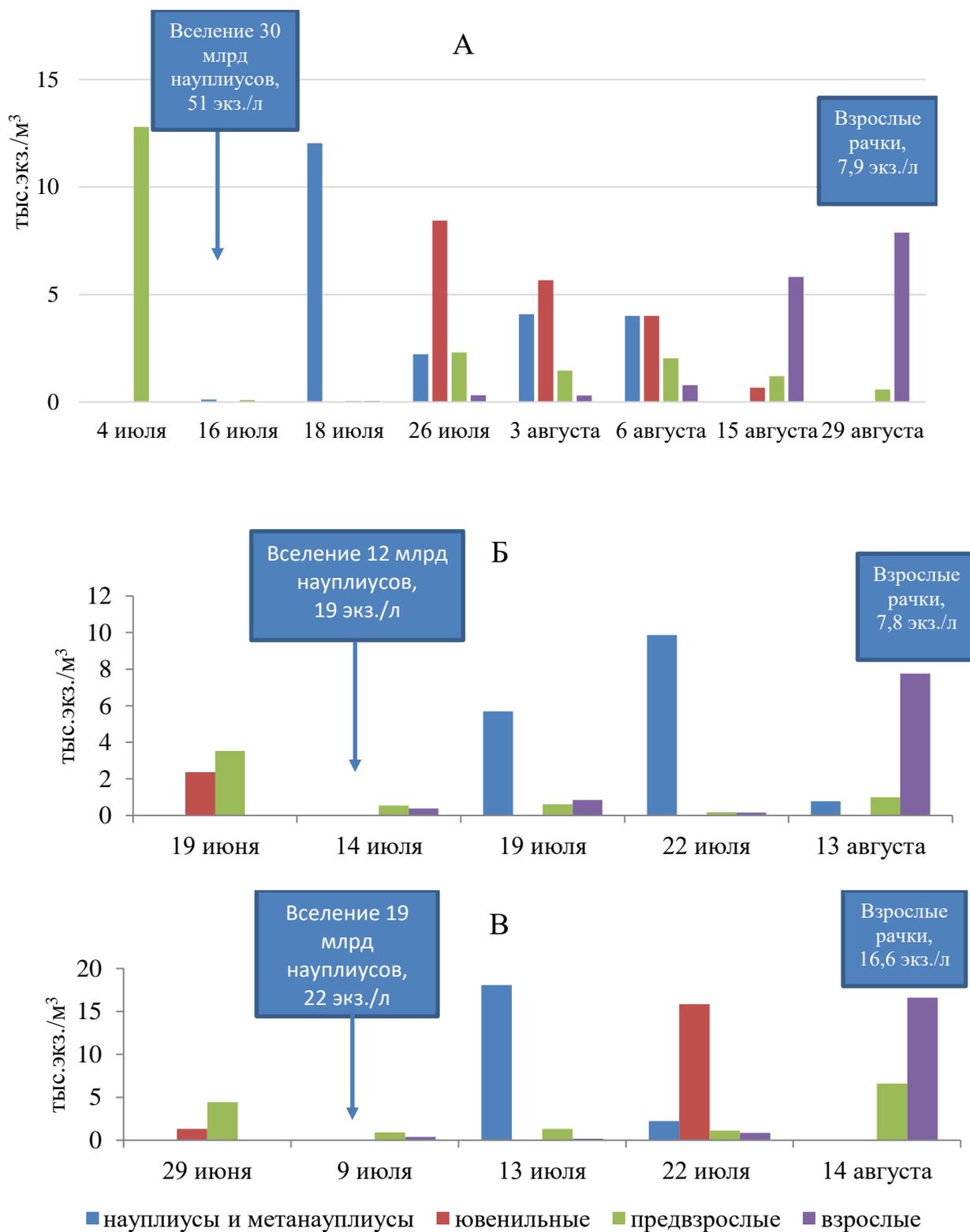


Рис. 121. Динамика численности артемии разных возрастов до вселения и после вселения науплиусов: А – озеро Соленое (2019 г.), Б – озеро Соленое (2020 г.), В – озеро Карасье (2020 г.). (по Litvinenko et al., 2023 [427])

До вселения науплиусов (в июле) наблюдается типичное снижение численности аборигенной популяции артемии. Вселение (инокуляция) науплиусов приводит к увеличению численности сначала младших возрастных стадий рачков, затем - старших. Через месяц после проведения работ по инокуляции в озере преобладают половозрелые самки с цистами.

Детальное изучение численности половозрелых рачков в августе, то есть через месяц после вселения науплиусов позволило пересмотреть выживаемость рачков в этот период. Изначально заявленная выживаемость от науплиуса до половозрелой стадии - 10-15% (см. рис. 117) была рассчитана по выживаемости первой генерации рачков артемии в природных водоемах [153] и, вероятно, связана с высокой плотностью науплиусов, вылупляющихся из перезимовавших цист: в разных озерах ( $n=29$ ; 21-5554 науп./л;  $790 \pm 152$ ). Выживаемость науплиусов до половозрелой стадии в природных водоемах находилась в пределах 0,2-69,4%, составляя в среднем  $15,1 \pm 3,9\%$ . Пересчет выживаемости при разной плотности рачков в природных условиях показал, что при плотности науплиусов от 1,0 до 6,0 тыс. экз./л выживаемость равна  $2,4 \pm 0,8 \%$ , при плотности от 0,1 до 1,0 тыс. экз./л выживаемость –  $13,9 \pm 4,4 \%$ , при плотности  $< 0,1$  тыс. экз./л выживаемость  $30,8 \pm 10,3 \%$ . При этом выживаемость при высокой плотности была достоверно ниже, чем при средней и низкой плотности.

В экспериментах по выращиванию науплиусы вселялись в пустые высокопродуктивные водоемы в относительно оптимальной концентрации: 19-51 экз./л, что способствовало большей выживаемости науплиусов до половозрелой стадии: 15,5-75%. Причем, при наибольшей плотности (51 экз./л) выживаемость была наименьшей. Наибольшая выживаемость (75%) отмечена в озере Карасье с соленостью 150-190 г/л, что, вероятно, связано с наиболее благоприятной для артемии соленостью. В 2021 г. в этом озере соленость из-за засухи достигла 320 г/л, в итоге выживаемость рачков была равна 0%.

Всего по результатам трех экспериментов было получено 23,86 млрд самок артемии. С учетом литературных данных [153] по плодовитости, каждая самка произведет 100 цист. В пересчете на биомассу цист, продукция, которая была произведена в озерах в результате этих экспериментов, составит 23,9 т цист в сырой массе.

Всего в экспериментах по выращиванию было использовано 670 кг цист в сухой массе (в пересчете на сырую – 1340 кг сырых цист).

Таким образом, от каждого килограмма сухих цист, в результате вселения науплиусов в период снижения плотности местной популяции артемии, можно получить в среднем 37 кг цист в сырой массе (или в пересчете на сухую – 18,5 кг сухих цист), при этом продуктивность озер составляет в среднем около 75 кг цист в сырой массе/га.

Подобная продуктивность цист (3-60 кг/га) отмечена в небольших по площади высокоэвтрофных прудах близ залива Бохай в Китае. В отличие от них в выпариваемых прудах Вьетнама и Тайланда выращивание артемии проводится с использованием органических и неорганических удобрений и кормов [384, 385; 514; 517], что позволяет получать ежегодную продукцию цист около 50-60 т в сырой массе (в пересчете на площадь прудов - 50-70 кг/га).

Сравнение результатов выращивания артемии в тропических и субтропических странах в выпариваемых прудах с технологией выращивания в природных высокопродуктивных озерах в период спада естественной популяции артемии свидетельствуют о значительном потенциале предложенной нами технологии.

Выявленная в нашем исследовании мелководных озер юга Западной Сибири динамика плотности популяции артемии (максимум в период 1 генерации и низкая плотность последующих генераций), обусловленная низким живорождением не является специфичной только для мелководных водоемов России. Так, подобная динамика была отмечена и в относительно глубоководных водоемах России в отдельные годы, а также в самом крупном промышленном водоеме Great Salt Lake [434]. Поэтому география использования предложенного метода увеличения продукции цист может быть расширена.

### 6.10.3 Экспериментальные работы по сокращению сроков инкубации цист

В стандартных условиях продолжительность инкубации цист, используемых в качестве стартового живого корма, составляет 24-48 часов [430]. Это связано с необходимостью полного отделения оболочек цист от науплиев, поскольку при попадании этих оболочек, а также непроклюнувшихся цист в кишечный тракт личиной рыб и ракообразных происходит их закупорка, приводящая к гибели. В случае с инокуляцией науплиусов в водоем такой необходимости нет. Нами была проверена возможность вылупления сухих цист в рапе озер без инкубации и с инкубацией в течение 2, 4, 6...22 ч как в лабораторных условиях (с соленостью рапы 101, 125, 225 и 333‰,) так и в инкубационных установках на соленых озерах Соленое и Карасье.

И лабораторные, и натурные исследования показали отсутствие вылупления цист в рапе озер с соленостью более 100‰. Известно [402; 287], что для вылупления науплиусов необходима полная гидратация цист. Для уточнения времени гидратации нами были проведены исследования в период инкубации сухих цист в инкубационной среде с соленостью 42‰ [425, 426]. Оказалось, что к 6 ч инкубации гидратированных цист было более 80%, к 10 ч – почти 100%. Начало вылупления, характеризующегося разрывом оболочки и появлением

эмбриона происходит на 14-16 ч инкубации, начиная с 18 ч – появляются первые свободноплавающие науплиусы. Начиная с 22 ч инкубации появляются отмершие науплии (рис. 122).

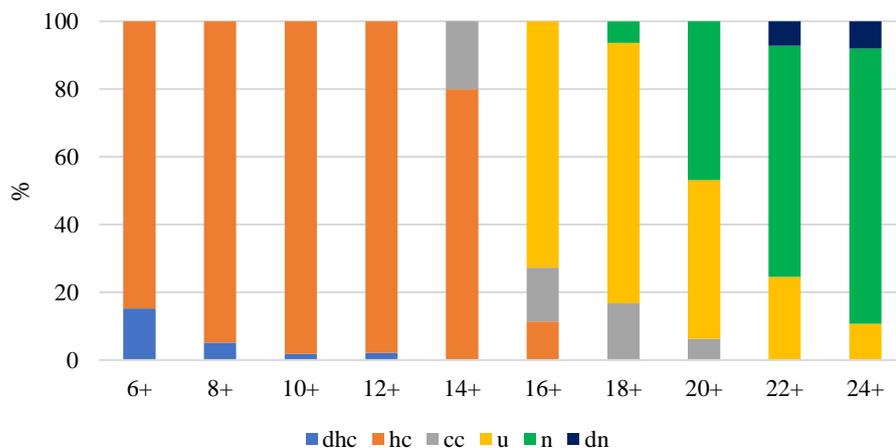


Рис. 122. Процентное соотношение стадий вылупления при инкубации сухих цист: dhc – дегидратированные цисты, hc – гидратированные цисты, cc – цисты с трещиной, u – стадия «зонтика», n – науплии, dn – погибшие науплии

В экспериментах по сокращению сроков инкубации цист, результаты которых представлены на рис. 123, были получены важные ответы на вопрос возможности такого сокращения. Опыты проведены с цистами двух популяций (опыт 1 - Эбейты и опыт 2 - Малое Яровое). Некоторые различия в результатах свидетельствуют о влиянии качества цист и их происхождения на этих процессы.

Общим для популяций является высокая смертность науплиусов при солености рапы 330‰ уже на вторые сутки опыта, что дает веское основание исключить озера с высокой соленостью из экспериментов по инокуляции.

Контролем для обоих опытов послужила численность науплиусов в инкубаторе на 24 ч. В опыте 1 (с цистами оз. Эбейты) выше контроля была только численность науплиусов 20+ в рапе с соленостью 100‰ в первые сутки. В опыте 2 (с цистами озера М. Яровое) превышение контроля наблюдалось в первые сутки в рапе с соленостью 100‰ (16+, 18+, 20+) и соленостью 125‰ (16+), 225‰ – (20+). На вторые сутки опыта 2 при низкой солености рапы (100‰) – выше контроля были эксперименты 10+, 14+, 16+, 22+, при солености 125‰ – 12+, 18+. При солености рапы 225‰ численность науплиусов достигла контроля при 16+.

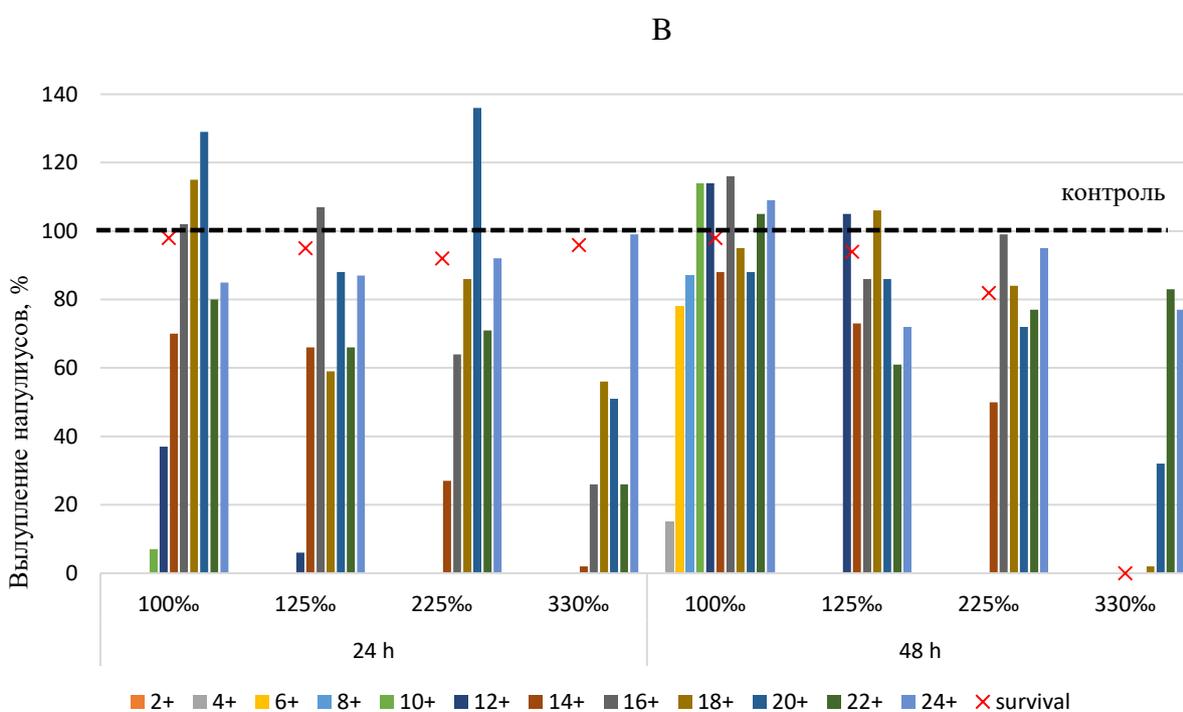
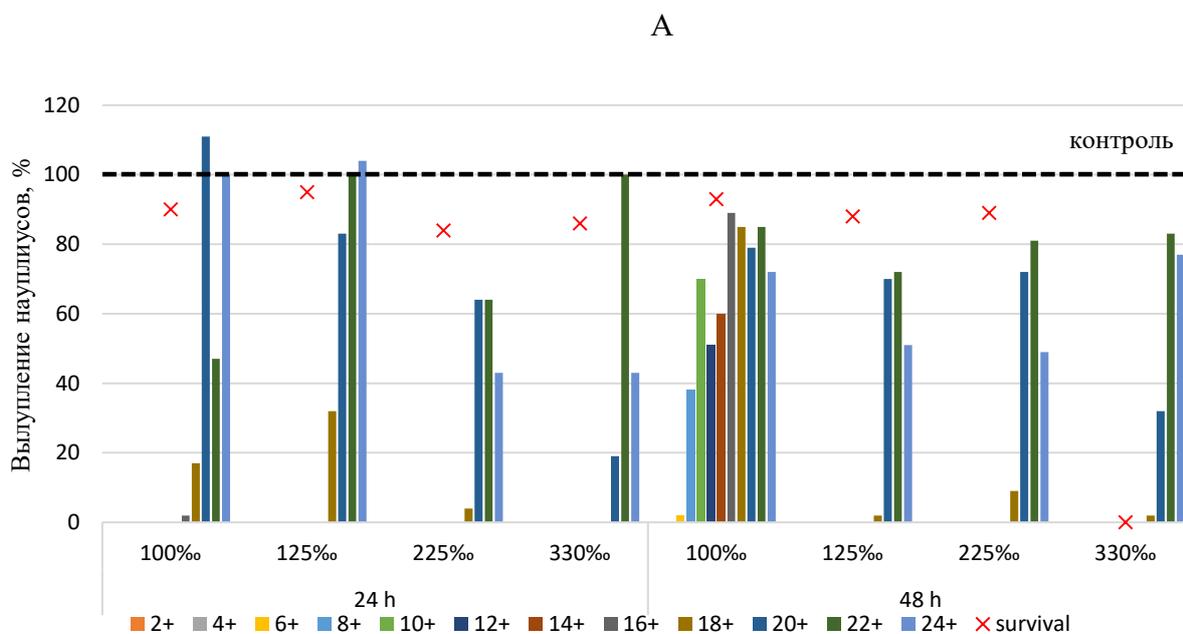


Рис. 123. Количество науплиусов в % к контролю, их выживаемость в экспериментах с разной соленостью рапы на 24 и 48 часов опытов: А - цисты из оз. Эбейты, В – из оз. М.Яровое (2+, 4+,...24+ - цисты в инкубаторе 2 ч или 4 ч и т.д., затем помещены в рапу озер с разной соленостью 100, 125, 225, 330‰).

Более наглядным показателем не только возможности сокращения сроков инкубации, но и необходимости, служат сравнение данных 24+, то есть при использовании стандартных условий (помещение в рапу через 24 ч инкубации) с более ранними выпусками в рапу на вторые сутки опыта. В опыте 1 показано, что при солености рапы 100‰ лучшие результаты

получены в экспериментах 16+, 18+, 20+, 22+, при солености 125‰ и 225 ‰ – 20+ и 22+. В опыте 2 при солености рапы 100‰ лучшие результаты наблюдались в экспериментах 10+, 12+, 16+, при солености 125‰ – во всех экспериментах начиная с 12+(за исключением, 22+) и 225 ‰ – 16+.

При сравнении данных по вылуплению науплиусов на 24 ч и на 48 ч видно (см. рис. 123), что в рапе озер происходит довылупление науплиусов, то есть эмбрионы на стадии зонтика развиваются в рапе озер до полноценных науплиусов. Особенно интенсивно этот процесс происходит в опыте 1 в рапе с соленостью 100‰, в опыте 2 – с соленостью 100 и 125‰.

В литературе мы не нашли данных по раннему выпуску эмбрионов в рапу озер или прудов. Проведенное в нашем исследовании намеренное сокращение сроков инкубации цист и выпуска в рапу озер недовылупившихся эмбрионов с целью ускорения и удешевления процедуры инокуляции озер показало перспективность такой технологии не только в условиях России, но и при инокуляции науплиусов в выпариваемые пруды субтропического и тропического климата.

## Глава 7 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРТЕМИИ В АКВАКУЛЬТУРЕ

### 7.1 Литературный обзор по использованию артемии в мире

Содержание протеина в цистах артемии составляет около 50 %, следовательно, артемия – это высокобелковый продукт, который можно использовать для кормления личинок объектов аквакультуры. Вылупившиеся после инкубации науплиусы артемии богаты протеином и липидами, однако в них почти полностью отсутствуют некоторые ВНЖК, которые необходимы для личинок объектов аквакультуры в процессе их роста. Впервые метод обогащения науплиусов артемии был предложен бельгийскими учеными в конце 80-х гг. XX в. Метод заключается в инкубации цист артемии, отделении науплиусов от оболочек и невыклюнувшихся цист. Далее науплиусов артемии в возрасте 24 ч помещают в обогащенную среду, в среднем, на 12-24 ч. После достижения второй метанауплиальной стадии развития артемия способна потреблять частицы корма [319]. Через науплиусов артемии личинки объектов аквакультуры могут быть обогащены белками, жирными кислотами, аминокислотами, витаминами, пробиотическими, профилактическими средствами и другими компонентами [271, 272].

Основное преимущество обогащения науплиусов артемии жирными кислотами – недостаточное количество в рачках ЕРА и ДНА класса омега-3 и омега-6 соответственно. Эти жирные кислоты жизненно необходимы для роста личинок рыб, однако не могут быть синтезированы [85].

Эффективность обогащения науплиусов артемии жирными кислотами была доказана рядом исследований по выращиванию личинок и молоди как пресноводных (осетровые, карповые, окунёвые), так и морских видов рыб и ракообразных [272; 429; 482].

Проведенные экспериментальные работы показали, что скорость линейно-весагого роста личинок морских видов рыб (европейский морской окунь – *Dicentrachus labrax*; морской лещ – *Sparus aurata*; тюрбо – *Scophthalmus maximus*; японская камбала – *Paralichthys olivaceus*) напрямую зависит от количества у науплиусов артемии (*Artemia franciscana*) ДНА кислоты, а выживаемость – от содержания ЕРА [429].

Известны исследования по кормлению науплиусами артемии (*Artemia franciscana*), обогащенными ВНЖК и витамином С, мальков полосатого окуня (*Morone saxatilis*), африканского клариевого сома (*Claria gariepinus*) и светлопёрого судака (*Stizostedion vitreum*) [436].

Иранские ученые проводили исследования по обогащению рачков ВНЖК и витамином С. В итоге, им удалось добиться повышения выживаемости личинок персидского осетра (*Acipenser persicus*) на 5-12 % [362].

Эффективных результатов по темпам роста удалось добиться при кормлении личинок сибирской стерляди (*Acipenser ruthenus marsiglii* Brandt) науплиусами артемии (*Artemia parthenogenetica*), обогащенными препаратами Selco-DHA, «ТРИОВИТ», льняным маслом и «Наринэ-Форте». Масса личинок, потреблявших в качестве живого корма обогащенных науплиусов, была почти в 4 раза выше, чем у рыб, питавшихся искусственными кормами, и примерно в 1,5 раза выше, чем у рыб, потреблявших необогащенную артемию [271; 272].

### 7.1.1 Особенности метода обогащения науплиусов артемии

Несмотря на все преимущества артемии, она не является кормом, который обеспечивает личинкам рыб оптимальное для развития содержание питательных веществ. Особенно недостаточно в рачках количество высоконенасыщенных жирных кислот (ВНЖК) – эйкозапентаеновой (ЕРА) и докозагексаеновой (DHA), которые необходимы в процессе роста личинок, но в то же время не могут быть синтезированы [429].

Бельгийскими учеными разработан метод повышения питательной ценности метанауплиусов артемии с помощью обогащения (биоинкапсуляции) рачков ВНЖК [429, 430]. Этот метод заключается в вылуплении артемии, отделении науплиусов от оболочек и цист, их отмывке от продуктов метаболизма и дальнейшем содержании в течение 24 часов в обогащенном аэрируемом солевом растворе (рис. 124).

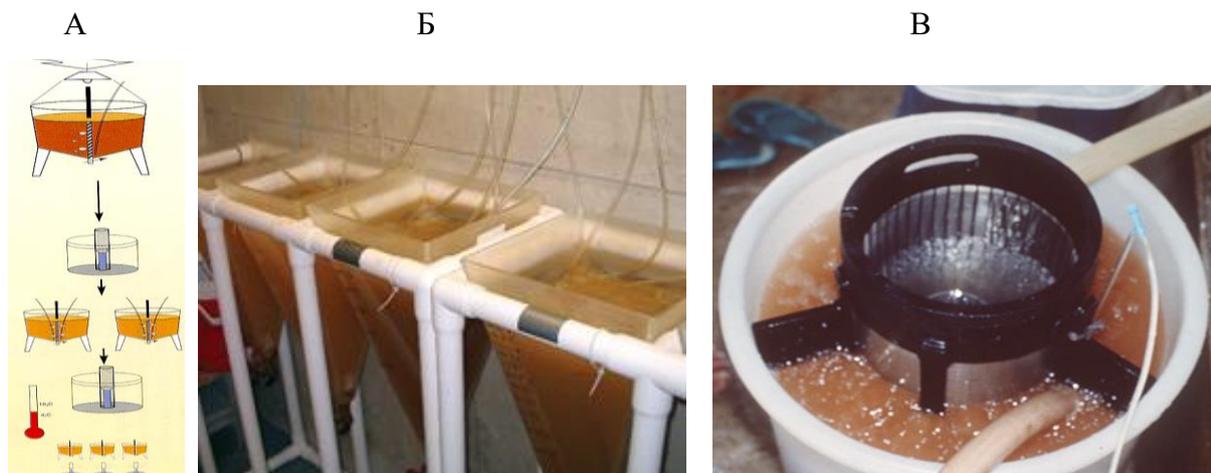


Рис. 124. Обогащение науплиусов артемии (по Manual..., 1986 [429]): А – схема биоинкапсуляции науплиусов артемии; Б – обогащение науплиусов артемии препаратом Selco; В - отмывка обогащенных рачков от продуктов метаболизма

На второй метанауплиальной стадии артемия способна потреблять частицы, которые собираются в результате неселективной фильтрующе-питательной деятельности ее вторых антенн [116; 429, 430].

Для биоинкапсуляции рачков использовали одноклеточные водоросли (британская технология); пивные ( $\omega$ -yeast) и пекарские дрожжи (японская технология); комплексные эмульсии (французская технология); микрокапсулированные диеты и эмульсии (бельгийская технология) [407].

Стабильные поставки микроводорослей для массового производства коловраток трудно получить. Поэтому в качестве альтернативы в японской технологии обычно используют пекарские дрожжи. В 1967 году Хирата и Мори провели эксперименты по использованию пекарских дрожжей в качестве корма для коловраток [382]. Они сообщили, что коловратки могут расти на смешанном корме - 50 % хлореллы и 50 % пекарских дрожжей так же хорошо, как и на хлорелле в количестве 100 %.

Существует несколько видов дрожжей, которые можно применять в качестве корма для коловраток, а именно: пекарские дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* (свежие и растворимые), пекарские дрожжи *Rhodotorula* и морские дрожжи - *Zygosaccharomyces marina*, *Torulopsis candida var. marina*, *Saccharomyces acidophilus*. Пекарские дрожжи использовали в качестве подходящего водорослевого заменителя для обогащения *Brachionus* из-за их малого размера частиц (5-7 мкм), высокого содержания белка, а также наличия бактерий, развивающихся на поверхности дрожжей [383].

Узким местом в использовании коловраток, в основном, является их непрерывное массовое производство. Значительным прорывом в производстве коловраток была бельгийская технология, основанная на разработке искусственного рациона, который полностью исключает необходимость дополнительного периода обогащения для повышения пищевой ценности коловраток [404; 436]. Наиболее часто используемым искусственным рационом для культур коловраток является препарат *Culture Selco (CS)* (INVE N.V., Бельгия), доступный в сухом виде. Бельгийскими учеными [333] отмечено, что *Selco* успешно применяется на многих рыбоводных фермах Европы.

Сухой продукт *Selco* перед обогащением гидробионтов необходимо растворить в воде. При условии постоянной аэрации и хранения в холоде пищевая суспензия культуры *Selco* может быть использована в автоматическом кормлении до 30 часов. Стандартный режим

кормления с использованием культуры *Selco* был разработан и испытан на нескольких штаммах коловраток в 100-литровых аквариумах [430].

Помимо сухого продукта фирмой INVE (Aquaculture NV; Бельгия) для обогащения метанауплиусов разработаны различные эмульсии *Selco*: *Selco-Experimental*, *Super Selco*, *Super Selco-DHA*, *Selco Presso*, *Selco Parkle* и другие, представляющие собой комплексы экстрагированных жиров морепродуктов (рис. 125).



Рис. 125. Препараты *Selco* для обогащения артемии и коловраток: А, Б, В - эмульсии; Г – сухая смесь *Selco*; фирма INVE Aquaculture NV; Бельгия

Помимо ВНЖК, в состав эмульсий *Selco* входят другие жирные кислоты, протеины, витамины (А, С, Е, Д<sub>3</sub>), фосфор, антиоксиданты и др. (табл. 30) [536].

Таблица 30. Биохимический состав эмульсий *Selco Presso* и *Selco Parkle* [321]

Показатели	<i>Selco Presso</i>	<i>Selco Parkle</i>
Влага / Зола, %	58 / 2	5 / 12
Протеины / Липиды, %	3 / 32	39 / 5
Фосфор, %	0,5	1,0
Витамины А / Д <sub>3</sub> , МЕ/кг	110,000 / 10,000	500,000 / 50,000
Витамины Е / С, мг/кг	5,400 / 8,000	3,600 / 4,000
Антиоксиданты	<i>Ethoxyquin, ВНА, propylgallate</i>	
∑ω3НУФА, мг/г сухого	150	17
ДНА:ЕРА	3:1	3:1

После обогащения эмульсией *Super Selco* метанауплиусы содержат высокий уровень незаменимых полиненасыщенных жирных кислот – докозагексаеновой (22:6 $\omega$ 3) и эйкозапентаеновой (20:5 $\omega$ 3). Помимо высокого содержания ВНЖК, после 12-ти часового обогащения длина рачков увеличивается в 1,3 раза по сравнению с необогащенными науплиусами, после 24-х часовой инкапсуляции – в 1,8 раз (450 мкм, 600 мкм, 800 мкм, соответственно) (рис. 126) [436].

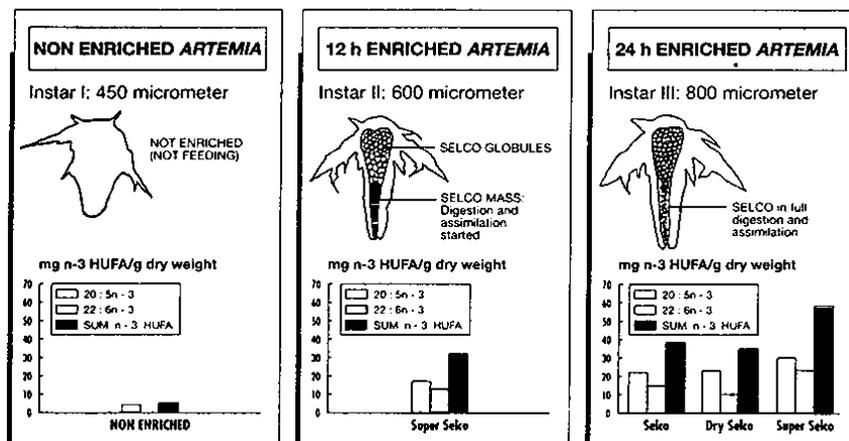


Рис. 126. Содержание ВНЖК у обогащенных метанауплиусов артемии (Instar II, Instar III) при использовании препаратов *Selco* (*Dry Selco*; *Super Selco*) в сравнении с необогащенными науплиусами (Instar I) (по Merchie, 1996 [436])

### 7.1.2 Применение обогащенных науплиусов в аква- и марикультуре

Многочисленные экспериментальные работы по кормлению личинок морских видов рыб обогащенной артемией показали, что выживаемость европейского морского окуня (*Dicentrarchus labrax*), морского леща (*Sparus aurata*), тюрбо (*Scophthalmus maximus*), японской камбалы (*Paralichthys olivaceus*), барабульки (*Mugil cephalus*), ханоса или молочной рыбы (*Chanos chanos*) и некоторых других [328; 349; 368; 407] тесно связана с содержанием у науплиусов (*A. franciscana*) эйкозапентаеновой кислоты, в то время как скорость роста этих видов рыб зависит от количества докозагексаеновой.

Таким образом, для того чтобы обеспечить высокий темп роста и выживаемость личинок, биоинкапсулированная артемия должна содержать как 22:6 $\omega$ 3, так и 20:5 $\omega$ 3. Наибольший результат в темпах роста личинок морских видов рыб показывают диеты, имеющие соотношение ДНА:ЕРА как 2:1 в течение первых двух-трех недель кормления [328; 349; 368; 429].

Для промысловых морских ракообразных *Mysidopsis bahia*, *Penaeus stylirostris* и *Penaeus monodon* питательная ценность обогащенных науплиусов в 1,5-1,6 раз выше, чем

свежевыклюнувшихся. При этом отмечается улучшение физиологического состояния личинок, увеличение их выживаемости и роста [313; 436; 473, 474]. В то же время, следует отметить, что положительный эффект от кормления обогащенной артемией наблюдается лишь через 15-20 суток после введения в рацион биоинкапсулированных живых кормов [436].

Наиболее успешно обогащенных науплиусов применяют для кормления гигантской пресноводной креветки (*Macrobrachium rosenbergii*) [347; 429; 474]. В отличие от морских ракообразных, первоначально питающихся коловратками, для личинок пресноводной креветки используют науплиусов (Instar I) при плотности посадки 0,1 науплии/мл, постепенно заменяя их на метанауплиусов (Instar II, Instar III), обогащенных ВНЖК и витамином С [454].

Исследования по использованию биоинкапсулированных рачков для кормления личинок пресноводных видов рыб не многочисленны. Известны экспериментальные работы по кормлению молоди африканского сомика-кошки (*Clarias gariepinus*), желтого судака (*Sander vitreum*), полосатого окуня (*Morone saxatilis*) и некоторых других видов рыб артемией (*A. franciscana*), обогащенной ВНЖК и витамином С [436]. Наибольший эффект от кормления у личинок полосатого окуня наблюдали после 20-ти суток внесения биоинкапсулированных рачков. Кормление рыбы осуществляли каждые 2-3 часа, поскольку выживаемость науплиусов в пресной воде составляет не более 30-60 минут [436].

### 7.1.3 Использование обогащенных науплиусов для кормления молоди осетровых

Исследования по использованию биоинкапсулированных рачков для кормления личинок и молоди осетровых видов рыб носят фрагментарный характер.

Наблюдения иранских специалистов показали снижение смертности личинок белуги (*Huso huso*), персидского (*Acipenser persicus*) осетра и сибирского (*Acipenser baerii*) осетра ленской популяции на 5-12 % после кормления науплиусами артемии (*Artemia urmiana*), обогащенными эмульсией из ДНА, ЕРА и витамина С (20 %) [362; 451], а также ВНЖК с поли-β-гидроксibuтиратом [451] или суспензий дрожжей [373], соответственно, в сравнении с кормлением небогащенной артемией. Двадцати-суточное кормление личинок персидского осетра рачками *A. urmiana*, инкапсулированными льняным маслом (ДНА 0,001 мг/г и ЕРА 0,03 мг/г сухого веса), выявило значительный весовой рост молоди по сравнению с кормлением науплиусами, обогащенными маслом печени трески (ДНА 7,64 мг/г и ЕРА 11,39 мг/г). Использование в качестве обогащающего раствора овариальной жидкости самок осетра (ДНА 3,13 %; ЕРА 12,10 %) характеризовалось более высокой выживаемостью 20-ти суточных личинок персидского осетра – до 93,3±1,6 % по сравнению с особями, выращенными с

использованием кормов, «пропитанных» маслом печени трески ( $91,7 \pm 0,8$  %) и льняным маслом ( $87,2 \pm 0,2$  %) [373].

## 7.2 Использование артемии на рыбохозяйственных предприятиях России

### 7.2.1 Артемия, как стартовый корм для разных видов рыб и ракообразных

Практика мирового рыбоводства, начиная с 30-х годов прошлого столетия и по настоящее время, убедительно показала особую пищевую значимость науплиусов галофильного жаброногого рачка артемии в качестве стартового корма для личинок различных видов рыб, выращиваемых в условиях аквакультуры [6; 20; 39; 40; 85; 86; 87; 109; 222]. Ценность артемии в первую очередь зависит от ее химического состава. Известно, что при оценке биохимических показателей рачка особое значение имеют жирные кислоты, которые используются в качестве пластического и энергетического материала у культивируемых организмов [429].

Применение артемии в качестве стартового живого корма дает возможность получать жизнестойких подрощенных личинок ценных видов рыб в ранние сроки, существенно повышать их темп роста и выживаемость. На многих рыбоводных предприятиях России индустриального типа используют как науплиусы, так и декапсулированные яйца артемии при переходе личинок на активное питание.

К настоящему времени отработаны биотехнологические приемы подращивания с применением артемии личинок более 30 видов рыб и их гибридов, около половины из которых относятся к отряду осетрообразные:

- пелядь *Coregonus peled* Gmelin, 1788 [199];
- баргузинский озерно-речной сиг *Coregonus lavaretus pidschian* Gmelin, 1788 [106];
- муксун *Coregonus muksun* Pallas, 1814 [106; 544];
- чир *Coregonus nasus* Pallas, 1776 [199];
- канальный сом *Ictalurus punctatus* Rafinesque, 1818 [131];
- клариевый сомик *Clarias gariepinus* Burchell, 1882 [131];
- карп *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 [119; 131];
- большеротый буффало *Ictiobus cyprinellus* Rafinesque, 1820 [119];

- судак *Sander lucioperca* Linnaeus, 1758 [35; 391];
- тилапия *Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758; *O. mossambicus* Peters, 1852; *O. aureus* Steindachner 1864; *O. hornorum* Trewavas, 1966 [120];
- кефаль-лобан *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 [296];
- пятнистый терапон *Latris lineata* J. R. Forster, 1801 [328];
- молочная рыба *Chanos chanos* Lacerpede, 1803 [368];
- тюрбо *Scophthalmus maximus* Linnaeus, 1758 [470];
- американский веслонос *Poliodon spathula* Walbaum, 1792 [138; 178; 179];
- русский осетр *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833 [213; 268; 274; 465];
- персидский осетр *Acipenser persicus* Borodin, 1887 [454; 362; 186; 255; 373; 390];
- белуга *Huso huso* Linnaeus 1758 [186; 187; 216; 255; 354; 390];
- калуга *Huso dauricus* Georgi 1775 [220];
- севрюга *Acipenser stellatus* Pallas, 1771 [256];
- сибирский осетр *Acipenser baerii* Brandt, 1869 [39; 40; 41; 42; 43; 89; 140; 269; 270, 271; 451; 528];
- амурский осетр *Acipenser schrenckii* Brandt, 1869 [109; 220];
- стерлядь *Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758 [42; 43; 269; 270, 271; 397];
- гибрид белуга х стерлядь [279];
- гибрид амурский осетр х сибирский осетр [221];
- некоторые другие виды осетровых и их гибриды [131; 268].

Кроме того, российскими учеными отработаны методы подращивания с помощью артемии личинок гигантской пресноводной (*Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1879) [177; 313; 347; 473] и морской белоногой (*Penaeus vannamei* Boone, 1931) [136] креветок, а также камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus* Tilesius, 1815) [143].

Личинок рыб, как правило, кормят науплиусами или декапсулированными яйцами от 10-12 до 24-48 раз в сутки. Суточная норма внесения корма составляет от 20-30 до 80-100 %

от массы тела. Период подращивания молоди с использованием живых кормов длится от 3-4 суток (каarp [131], озерно-речной сиг [106]) до 40-45 суток (канальный сом) [131].

### 7.2.2 Использование науплиусов артемии для кормления личинок осетровых рыб

В раннем постэмбриогенезе у личинок осетровых рыб при переходе на экзогенное питание формирование пищеварительной системы продолжается 30-60 суток, именно поэтому в состав стартовых кормов необходимо вводить легкоусвояемые высокобелковые компоненты [76; 198].

Известно, что личиночный этап в развитии осетровых является наиболее уязвимым в условиях неблагоприятных факторов водной среды, поэтому многие исследователи уделяли особое внимание таким технологическим процессам, как перевод личинок на экзогенное питание и их подращивание [140; 270]. Низкая выживаемость рыбы в этот период (35,6–51,2%), особенно характерная для стерляди сибирских популяций, сибирского осетра обской популяции, тупорылого осётра (*Acipenser brevirostrum* Lesueur, 1818) и некоторых других видов связана, в первую очередь, с отсутствием специализированных искусственных кормов [270; 391; 465]. Часто в качестве корма для личинок используют олигохет и зоопланктон (клардоцеры - дафнии, мойны) [76]. Однако изучение физиологического состояния личинок при кормлении этими кормовыми организмами убеждает в недопустимости их применения в монокультуре [76], поэтому ведутся исследования по замене данных живых кормов другими, полноценными в физиологическом отношении и соответствующими размерам рыбы.

Целесообразность успешного применения науплиусов артемии в качестве стартового живого корма для личинок русского осетра была доказана Т. Г. Пласкачевской более 60 лет назад [204]. Наблюдения за молодью гибрида (белуга х стерлядь) показали, что использование артемии в количестве 60 % от массы задаваемого корма способствовало увеличению темпа роста на 25 % по сравнению с бестером, питавшимся фаршем из рыб. Автором было предложено добавлять муку из артемии в гранулированные корма [204].

Однако, несмотря на положительные результаты [204], применение артемии для кормления осетровых рыб в течение длительного времени на производстве не получало должного распространения. В последние десятилетия снова появился интерес к этому гидробионту [43; 269; 270; 272; 465; 397; 168], к достоинствам которого наряду с физиологической полноценностью можно отнести его малые размеры, отрицательную плавучесть, легкость захвата личинками и несложную технологию подготовки рачков к

вскармливанию. Кроме того, сухие цисты артемии можно хранить в течение длительного времени при соблюдении определенных условий [116; 241; 429; 430;].

Доказано, что внесение науплиусов артемии в бассейны с личинками сибирского осетра ленской популяции в количестве 20 % от массы тела за 1-2 суток до начала активного питания (при температуре 18,7 °С на 7-е сутки после вылупления) способствовало ускорению массового выброса пигментных пробок и снижению гибели рыбы до 3,7 % вместо допускаемых 20-30 % [76]. В случае отсутствия корма в указанный момент выброс пигментных пробок задерживался даже при сформированности основных отделов пищеварительной системы. В течение двух суток с момента перехода на экзогенное питание (до полной резорбции желтка) количество вносимой артемии увеличивали до 50 % массы личинок [76].

Существенной причиной снижения смертности личинок сибирского осетра явилось почти полное отсутствие повреждений лопастей хвостового, грудных и брюшных плавников. При других способах подращивания личинок наблюдали значительно большее количество особей с такими повреждениями. Предложенный способ перевода личинок на потребление внешней пищи способствовал успешному проведению самого ответственного этапа рыбоводных работ и получению жизнестойких особей при их высокой выживаемости [269; 270, 272; 397].

Несмотря на наличие значительного количества исследований, посвященных кормлению личинок осетровых науплиусами артемии [138; 178; 179; 186; 187; 216; 220; 255; 268; 283; 354; 390], проблемными остаются вопросы о продолжительности кормления рачками, о переводе личинок с живого корма на искусственный без повышенного отхода, об эффективности использования декапсулированных яиц; при прудовом способе подращивания – о навеске подращенных личинок при посадке в пруды с целью получения высокого выхода жизнестойкой молоди средней массой 3 г.

В ходе многолетних экспериментальных работ (1998-2023 гг.) по подращиванию личинок сибирского осетра обской, ленской, енисейской популяций, а так же стерляди иртышской и обской популяций на рыбоводных предприятиях Западной и Восточной Сибири были разработаны и внедрены наиболее оптимальные суточные нормы и режимы кормления стартовыми живыми кормами [269; 270, 272; 397]. Подробные рекомендации описаны в главе 8 данной монографии.

При переходе личинок сибирского осетра на активное питание, продолжающемся при температуре воды 17,5-18,0 °С, как правило, от 3-4 суток (сибирский осетр енисейской популяции) до 7-8 суток (обская популяция осетра), наблюдается повышенная смертность,

которая, в среднем, при внесении науплиусов артемии достигает 10,5 % с колебаниями от 5,2 до 14,4 %. За весь период подращивания личинок (в течение двух недель) средний отход сибирского осетра обской популяции составляет 22,1 %, ленской – 15,6 %, енисейской популяции – 10,2 %.

При подращивании личинок стерляди до жизнестойких стадий (колебания температуры воды – от 17,7 до 22,4 °С) кормление до средней массы 172±6 мг составило 11 суток, до массы 243±15 мг – 12 суток, до 273±18 мг – 13 суток, до 342±22 мг – 14 суток. Выживаемость подрощенных личинок в возрасте 19-ти суток (кормление – 14 суток) достигла 74,4 % (табл. 31) [270].

Таблица 31. Результаты подращивания личинок стерляди иртышской популяции до жизнестойких стадий с использованием декапсулированных яиц, науплиусов артемии и искусственного корма при средней температуре воды 20,1 °С [270]

Диапазон подращивания, мг	Личинки, $X \pm m_x$		Возраст, сутки	Период питания, сутки		Выживаемость, %	Кол-во в пробе, экз.	Температура, °С	
	масса, мг	длина, мм		эндогенное	экзогенное			колебания	среднее
150-200	172±6	31±1	16	5	11	84,3	189	17,7-22,4	20,1
200-250	243±15	35±3	17	5	12	80,9	155		
250-300	273±18	36±3	18	5	13	78,1	153		
300-350	342±22	41±5	19	5	14	74,4	150		

При понижении средней температуры воды всего на 1,5 °С (с 20,1 до 18,6 °С) период подращивания до массы 300-550 мг увеличился до 16-ти суток (в 1,3 раза длиннее), причем питание за счет запасов желточного мешка было более продолжительным и составило 7 суток (табл. 32) [270].

Таблица 32. Результаты подращивания личинок стерляди иртышской популяции до жизнестойких стадий с использованием декапсулированных яиц, науплиусов артемии и искусственного корма при средней температуре воды 18,6 °С [270]

Диапазон подращивания, мг	Личинки, $X \pm m_x$		Возраст, сутки	Период питания, сутки		Выживаемость, %	Кол-во в пробе, экз.	Температура, °С	
	масса, мг	длина, мм		эндогенное	экзогенное			колебания	среднее
150-200	170±8	32±1	18	7	11	79,3	211	16,1-20,8	18,6
200-250	239±20	36±2	20	7	13	76,4	200		
250-300	277±23	38±3	22	7	15	70,8	200		
300-350	334±25	40±6	24	7	16	66,8	200		

Подращивание при более низком температурном режиме сказалось и на выживаемости личинок. При температуре воды 18,6 °С отход повысился до 33,2 %. Средняя выживаемость за весь период подращивания снизилась до 66,8 % (см. таблицу 2).

Несмотря на обилие корма в бассейнах, на 9-е сутки после вылупления стали появляться травмированные особи с повреждениями лопастей грудных, брюшных и хвостового плавников (до 4,5 %), на 13-е сутки их количество увеличилось до 7,6 %, на 16-е достигло 18,8 %. Следует отметить, что нормативное количество личинок с травмированными плавниками при бассейновом способе подращивания составляет 10-15 %, при несоблюдении плотности посадки и несвоевременном внесении корма количество травмированной молодежи может достигнуть 80-ти процентов [140]. На 15-16-е сутки увеличилось число разноразмерных групп личинок как по длине, так и по массе.

Для всей подрощенной молодежи отмечена высокая корреляционная зависимость между длиной и массой тела -  $r=0,98$  ( $n=555$ ), выраженная следующим уравнением регрессии:

$$W=0,0111L^{2,80}, \text{ где } W - \text{масса тела личинок, мг; } L - \text{длина, мм [270].}$$

### 7.2.3 Обогащение льняным маслом (ВНЖК), пробиотиками и витаминами

Специалистами ФГБНУ «Госрыбцентр» и Государственного аграрного университета Северного Зауралья было выяснено, что при кормлении личинок сибирской стерляди науплиусами, обогащенными препаратом *Selco-DHA* (с высоким содержанием докозагексаеновой кислоты), их скорость роста по массе на 20-е сутки была в 3,9 раза выше, чем при использовании стартового искусственного корма и в 1,6 раз больше, чем при кормлении необогащенной артемией [270]. С помощью метода биоинкапсуляции науплиусов артемии (*A. franciscana*) из Великого Соленого озера (Great Salt Lake) и артемии из Алтайских озер (*A. parthenogenetica*) удалось повысить скорость весового роста личинок русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) в 2,9 раза по сравнению с использованным ранее методом кормления (в течение трех суток – науплиусы артемии, далее – перевод на стартовый искусственный корм Aller Aqua) и сократить смертность молодежи в 1,3 раза. Выживаемость у 18-суточных личинок достигала 97,6 %; низкая элиминация крайне важна в условиях промышленного подращивания осетровых [213; 272; 465].

При кормлении личинок обогащенными науплиусами (*A. parthenogenetica*), калорийность сухого вещества тела рыбы в возрасте 11-ти суток в 1,2 раза превышала этот показатель у особей, питавшихся необогащенными рачками. Максимальные среднесуточные

приросты (до 38 %) отмечены при суточной норме кормления инкапсулированными кормами, равной 100 % от массы тела личинок осетра (200 мг) [270; 397].

Экспериментальные работы по подращиванию личинок и молоди стерляди иртышской популяции (*Acipenser ruthenus marsiglii*) проводили в течение 21 суток с периода перехода на активное питание до жизнестойких стадий. Для кормления использовали науплиусов артемии сибирских популяций (*A. parthenogenetica* Varigozzi, 1974), обогащенных растительными маслами, витаминами и пробиотиком. Обогащение науплиусов выполняли согласно разработкам, выполненным в 2015 г. в рамках государственной работы «Выполнение прикладных научных исследований», а также методике, предложенной Артемиевым реферативным центром (АРЦ) [429]. В качестве обогащающих растворов применяли масло зародышей пшеницы, подсолнечное или льняное, а также комплексы, состоящие из льняного или масла зародышей пшеницы, витаминов «Триовит» (А, Д3, Е) и пробиотика «Нарине форте» (ацидофильное молоко). Контрольные группы рыб кормили небогащенными науплиусами. Биохимический анализ содержания ВНЖК в теле личинок проводили на замороженном материале в лаборатории биохимических исследований АРЦ (Бельгия) при использовании газового хроматографа Chrompack CP 9001.

Исследования показали, что в личиночный период развития, когда, как правило, резко возрастает элиминация (до 50 %), ежесуточный отход стерляди при кормлении науплиусами (в разных вариантах опытов) составил от 0,24 % (обогащение артемии комплексом с льняным маслом – опыт ЛМ) до 0,52 % (подсолнечное масло – опыт ПМ). Использование препаратов для обогащения живого корма не оказало существенного влияния на повышение выживаемости рыбы: как в контроле, так и в опытах значения этого показателя оставались достаточно высокими весь период подращивания, составив в среднем 80,1 %.

В период интенсивного питания личинок живым кормом рост особей наблюдали во всех опытных и контрольных группах. Наибольшая скорость весового роста выявлена после кормления науплиусами, обогащенными комплексом с маслом зародышей пшеницы (опыт МЗП). Масса личинок в опыте МЗП в конце подращивания превысила массу контрольных рыб в 1,3 раза – (671±52) мг и (535±51) мг, соответственно (данные достоверны при уровне значимости  $p < 0,05$ ). В то же время, при кормлении стерляди живым кормом, обогащенным льняным маслом, масса рыбы не превышала (533±52) мг, т. е. по сравнению с контрольными группами была незначительно ниже ( $p < 0,05$ ). Средние значения удельной скорости весового роста ( $C_w$ ) оставались высокими весь период подращивания: в контроле – 0,11, при использовании обогащенных рачков – 0,13. Максимальные значения  $C_w$  отмечены у стерляди в последние сутки кормления науплиусами из опытных групп ЛМ (0,19). Другой показатель

динамики весового роста личинок – коэффициент массонакопления (Км) – весь период подращивания в опытных группах был несколько выше, чем при кормлении необогащенной артемией, – 0,021 и 0,017 соответственно. Коэффициент вариабельности (Сv) массы тела по мере роста молоди увеличивался скачкообразно. Максимальная изменчивость признака отмечена у 21-суточных личинок при кормлении науплиусами, обогащенными подсолнечным маслом (42,23 %); при использовании рачков в опыте МЗП коэффициент вариабельности был в 1,3 раза ниже (32,37 %). Средний за период показатель Сv практически не отличался у контрольных групп и в опыте ПМ – 19,2 и 19,5 % соответственно. Вариабельность массы тела подращенных личинок стерляди была наименьшая при кормлении рачками, обогащенными комплексом с маслом зародышей пшеницы – 16,9 %. Кормление личинок обогащенной артемией способствовало повышению содержания основных биохимических компонентов тела рыбы в 1,2 раза по сравнению с потреблением необогащенных рачков. Содержание жира в опыте ЛМ составило 1,5 % сырого вещества (СВ), в контроле 1,3 %, белков – 6,0 и 5,3 % СВ соответственно. Высокое содержание протеинов у личинок в конце подращивания отмечено также после использования рачков, обогащенных подсолнечным маслом (6,0 % СВ). У всех опытных групп подращенной молоди по сравнению с контролем наблюдали преобладание суммарного количества омега-3 ( $\omega 3$ ) и омега-6 ( $\omega 6$ ) высших ненасыщенных жирных кислот (ВНЖК). У стерляди, питавшейся необогащенными рачками, содержание  $\omega 3$ ,  $\omega 6$  ВНЖК в 1,3 раза ниже, чем у рыбы, использовавшей для кормления науплиусов, биоинкапсулированных маслом зародышей пшеницы, витаминами и пробиотиком (6,92 и 31,25 мг/г сухого веса соответственно). Как в контрольных, так и в опытных группах молоди отмечено высокое содержание незаменимых эйкозапентаеновой (20:5  $\omega 3$ ), докозагексаеновой (22:6  $\omega 3$ ), альфа-линоленовой (18:3  $\omega 3$ ) и линолевой (18:2  $\omega 6$ -с) кислот. Максимальное количество этих жирных кислот выявлено у особей в опыте МЗП – 17,21, 25,77, 9,21 и 39,92 мг/г СВ соответственно. Таким образом, предложенный способ подготовки живого корма для личинок стерляди способствовал успешному проведению самого ответственного этапа рыбоводных работ по получению жизнестойкой молоди при обеспечении ее высокой выживаемости.

#### *7.2.3.1 Характеристика растительных масел с высоким содержанием ВНЖК, пробиотиков и витаминов*

Несмотря на проводимые в последние годы исследования по биоинкапсуляции науплиусов различными смесями, данных по обогащению артемии наиболее важными для личинок осетровых ВНЖК – линоленовой ( $\omega 3$ ), линолевой ( $\omega 6$ ) и олеиновой ( $\omega 9$ ), практически

нет. Кислоты линолевого и линоленового типов являются незаменимыми, в организме рыбы не синтезируются и должны поступать вместе с пищей в соответствии с потребностью особей [117; 355]. Эти жирные кислоты преобразуются в другие высоконенасыщенные кислоты путем элонгации и денатурации.

Лучшими натуральными источниками ВНЖК считаются нерафинированные растительные масла: льняное, подсолнечное, кедровое, кунжутное, масло виноградной косточки, зародышей пшеницы, расторопши и некоторые другие [117].

*Льняное масло* вырабатывается из семян льна, имеет цвет от желтого до бурого, горьковатый вкус. Оно особенно богато полиненасыщенными незаменимыми жирными кислотами – линолевой и альфа-линоленовой в соотношении 1:1. Кроме линолевой кислоты, в льняном масле содержится жирная кислота из семейства омега-6 – гамма-линоленовая. По жирнокислотному составу льняное масло относится к наиболее ценным растительным маслам. Оно содержит до 300 мг% стеринов (преимущественно бета-ситостерин), имеет высокую Е-витаминную активность – содержит гамма-токоферол (29,7 мг/кг), альфа-токоферол (0,55 мг/кг), дельта-токоферол (0,45 мг/кг). Льняное масло является источником витаминов: В1, В2, фолиевой кислоты, витамина РР, пантотеновой кислоты, биотина; минеральных веществ: калия, фосфора, магния. Белки семян льна богаты такими аминокислотами, как изолейцин, фенилаланин, тирозин, триптофан, валин, треонин. Семена льна содержат флавоноид линатин, обладающий бактерицидной активностью [117; 240].

Льняное масло способствует нормализации липидного обмена, в частности, снижению уровня холестерина в крови; улучшает функциональное состояние сердечно-сосудистой системы, головного мозга, глаз, половых желез, желудочно-кишечного тракта, усиливает регенерацию тканей [117].

*Подсолнечное масло* относится к ценным растительным маслам, имеет высокие органолептические свойства – янтарно-золотистый цвет, насыщенный вкус, хорошо усваивается организмом (до 83 %). Подсолнечное масло состоит, главным образом, из олеиновой и линолевой кислот; содержит до 1400 мг% фосфолипидов, до 300 мг% стеринов. Белки семян подсолнечника содержат все незаменимые аминокислоты, они особенно богаты метионином (390 мг%), содержат L-глутамин, обладающий седативным действием. Подсолнечное масло обладает высокой Е-витаминной активностью, содержит, в основном, альфа-токоферол – до 60 мг%, богато витаминами В1, В2, РР; имеет скополетин – соединение кумаринового ряда, обладающее спазмолитической и гипогликемической активностью. Семена подсолнечника являются богатым источником магния (317 мг%) [117].

*Масло виноградной косточки* имеет желтый цвет с легким зеленоватым оттенком, обладает приятным нейтральным вкусом. Жирнокислотный состав характеризуется высоким содержанием линолевой кислоты. Виноградные косточки являются богатым источником одной из групп растительных флавоноидов – проантоцианидинов, проявляющих широкий спектр фармакологической активности: увеличивают внутриклеточный уровень витамина С, уменьшают проницаемость и ломкость капилляров, защищают коллаген и эластин от ферментативной деградации. Помимо проантоцианидинов это масло содержит другие флавоноиды – изокверцитриникемпферол, обладающий Р-витаминной активностью; алкалоид магнофлорин (гипотензивное и диуретическое действие), аминокислоту цитрулин и органическую гликолевую кислоту (диуретическое действие), метилсалицилат (противовоспалительное и болеутоляющее действие); ресвератрол – фенольное соединение, обладающее бактерицидной активностью; витамины В1, В2, РР. Виноградное масло является ценным лечебно-профилактическим продуктом [117].

*Масло зародышей пшеницы* производят из свежих ростков пшеницы путём применения технологии холодного прессования. В этом масле сконцентрированы биологически активные вещества; витамины А, В, Е, железо, цинк, селен, гликолипиды, фосфолипиды и другие вещества. Из всех растительных масел в нем содержится наибольшее количество витамина Е. Является антиоксидантом, помогает укреплять стенки капилляров, устранять воспалительные процессы, выводить вредные вещества из организма, стимулировать обменные процессы [117].

*Масло расторопши* богато жирорастворимыми витаминами А, D, Е, F. Содержит микроэлементы цинк, медь, селен, йод, бор. Помимо основных ВЖК ( $\omega 3$ ,  $\omega 6$ ), содержит следующие кислоты: пальмитиновую (8-9 %), стеариновую (3,5-4 %), арахидоновую (1,5-2 %), бегеновую (1-1,5 %). Масло оказывает противовоспалительное, эпителизирующее, ранозаживляющее, противоязвенное действие. Считается самым мощным растительным дезинтоксикатором и гепатопротектором, используемым при лечении и профилактике всех заболеваний печени [117].

*Кедровое масло* относится к наиболее ценным растительным маслам, вырабатывается из семян сибирской сосны *Pinus sibirica*. Имеет высокие органолептические свойства; содержит до 95 % липидов. Жирнокислотный состав характеризуется наличием как насыщенных, так и ненасыщенных жирных кислот. Отличительной особенностью кедрового масла является наличие октадекатриеновой и пиноленовой кислот. Наличие этих кислот является таксономическим признаком *Pinaceae*. Данные о содержании пиноленовой кислоты

в кедровом масле различаются у разных авторов – от 2 [240] до 19 – 25,3 % [363], что, возможно, обусловлено использованием разных методов их определения.

В кедровом масле содержится большое количество фосфолипидов и гликолипидов, отличительной особенностью их фракционного состава является наличие неспецифических для растительных объектов цереброзидов. В нем имеется 5 % азотистых соединений, 90 % из которых составляют свободные аминокислоты. Ядро кедрового ореха и кедровое масло содержат все 20 аминокислот, необходимых для нормального белкового обмена, в том числе, незаменимые – лизин, метионин и триптофан. Кедровое масло имеет высокую Е-витаминную активность, содержит наиболее активный альфа-токоферол – 55 мг%, провитамины А (31 мг%), D (0,07 мг%), витамин К, витамины группы В – В1 (1,6 мг%), В2 (1,7 мг%), РР (14 мг%). Является богатым источником минеральных веществ – фосфора, магния, марганца, меди, цинка, йода [117].

*Кунжутное масло* оптимально сбалансировано по содержанию необходимых организму незаменимых аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов (Е, А, D, В1, В2, В3, С), макро- и микроэлементов (калий, кальций, фосфор, цинк, магний, марганец, кремний, железо, медь, никель и др.). Содержит ценные биологически активные вещества – антиоксиданты сезамол и сквален, фитин, фитостеролы, фосфолипиды и др. Антиоксидант **сквален** необходим для полноценного синтеза половых гормонов, способствует снижению в крови уровня холестерина и укреплению иммунитета, обладает выраженными бактерицидными и противогрибковыми свойствами [281].

Дальнейшие исследования по повышению пищевой ценности различных рас артемии прямым и косвенным методами показали, что науплиусы артемии очень легко ассимилируют ВНЖК  $\omega 3$ , жирорастворимые витамины и витаминные комплексы [429; 319]. Следует отметить, что через обогащение артемии личинки осетровых рыб могут быть «напитаны» не только витаминами (например, комплекс «ТРИОВИТ»), но и пробиотиками («Нарине-Форте») [270, 271], аминокислотами, гормональными препаратами, профилактическими, терапевтическими и другими средствами (рис. 127).

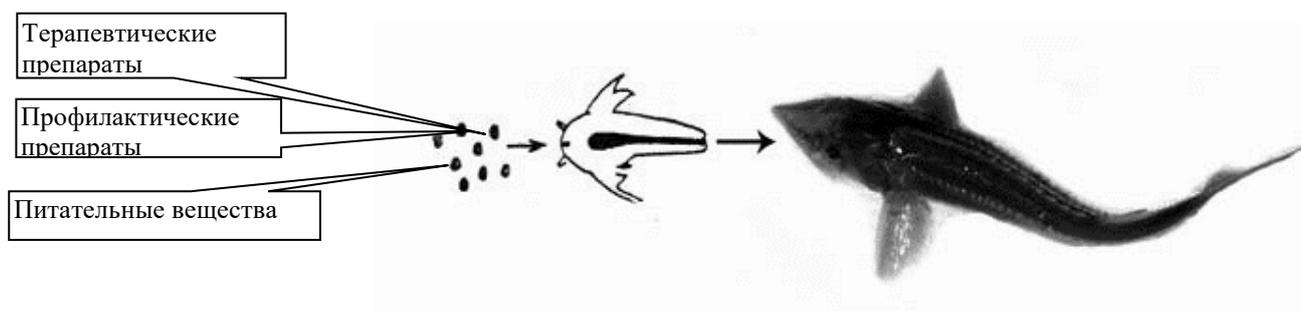


Рис. 127. Схема передачи терапевтических, профилактических и питательных веществ личинкам рыб через обогащение артемии (по Manual..., 1986 [429])

«Триовит» – витаминный комплекс с микроэлементами; содержит антиоксидантные витамины С и Е и β-каротин (провитамин А), а также олигоэлемент селен. Витамины-антиоксиданты проявляют активность на клеточном уровне, они дополняют активность друг друга, поэтому сочетание их с селеном (Se) является рациональным. Защитные свойства витаминов-антиоксидантов способствуют повышению устойчивости организма к неблагоприятным факторам внешней среды, усилению защитных свойств организма при воспалительных процессах [30].

«Наринэ Форте» (ацидофильное молоко) состоит из концентрированного молока, сквашенного симбиотическими заквасками ацидофильных лактобактерий штамма «Нарине ТНСи» и активной закваской бифидобактерий, содержащей штаммы – *B. Bifidum* и *B. Longum*. «Наринэ Форте» способствует нормализации естественной микрофлоры во всех отделах желудочно-кишечного тракта, активизации процессов пищеварения и усвоения пищи, повышает неспецифическую резистентность рыб, предотвращает развитие патологического процесса, обладает общеукрепляющим и иммуностимулирующим действием [267].

Несмотря на слабую изученность, перспективы использования биоинкапсулированных науплиусов артемии в осетроводстве огромны. Особенно эффективен этот метод будет при кормлении рыбы в период раннего личиночного развития, профилактике и лечении молоди, переводе сеголеток (годовиков), выращенных в прудах на естественной кормовой базе, на питание искусственным кормом.

#### 7.2.3.2 Содержание ВНЖК в обогащающих смесях

Несмотря на то, что вылупившиеся науплиусы богаты протеином и жирами и могут служить стартовым кормом для личинок многих видов рыб, в них почти полностью отсутствуют некоторые высоконасыщенные жирные кислоты, необходимые в процессе роста личинок, которые, в то же время, у рыб не могут синтезироваться [429]. Для личинок морских видов рыб особенно важно содержание важнейших жирных кислот эйкозапентаеновой (ЭПК 20:5ω<sup>3</sup>) и докозагексаеновой кислоты (ДГК 22:6ω<sup>3</sup>) (семейство Омега-3 ВНЖК). Для пресноводных рыб необходимы кислоты семейства Омега-6 ВНЖК (табл. 33) [430; 74].

Незаменимые жирные кислоты являются исходными веществами, которые преобразуются в организме рыб в другие высоконасыщенные кислоты путем элонгации и денатурации.

Таблица 33. Состав основных жирных кислот семейств Омега-3 и Омега-6 ВНЖК (по В.С. Сидорову, 1983 [239])

Омега-3 ВНЖК	Омега-6 ВНЖК
Альфа-линоленовая кислота АЛК	Линолевая кислота ЛК
Эйкозапентаеновая кислота ЭПК	Гамма-линоленовая кислота ГЛК
Докозагексаеновая кислота ДГК	Дигомо-гамма-линоленовая кислота ДГЛК
	Арахидоновая кислота АК

В настоящее время разработаны различные диеты для биоинкапсуляции артемии как стартового живого корма личинок морских видов рыб и ракообразных [408]. Отработаны биотехнологические приемы, включая временные интервалы до и после обогащения (рис. 128), количество питательной эмульсии и температуру для обогащения рачков [319; 349; 429, 430; 437].

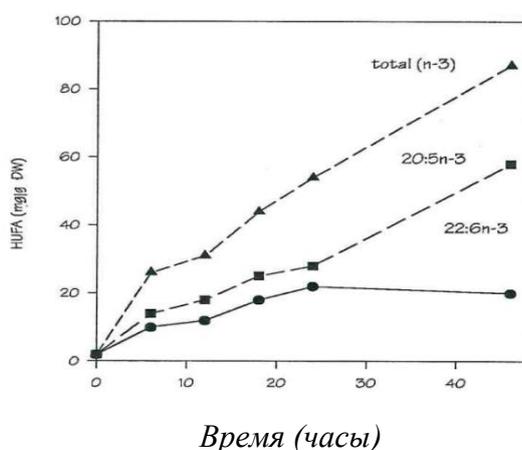


Рис. 128. Изменение уровня ВНЖК у метанауплиусов артемии (*A. franciscana*; Great Salt Lake, Utah, USA), обогащенных препаратом Super Selco (INVE, Belgium), в зависимости от времени биоинкапсуляции (по Dhont et al., 1993 [350])

Специалистами фирмы INVE (Бельгия) и американскими учеными были разработаны питательные смеси для обогащения науплиусов артемии (*Artemia franciscana*) – *Super Selco*, *DHA Selco*, *Super artemia*, *Super HUFA* (табл. 34) [350].

Таблица 34. Содержание Омега-3 ВНЖК (мг/г сухого веса) в науплиусах артемии (*A. franciscana*) после обогащения различными препаратами [350]

Препарат	ДГК 22:5 $\omega^3$	ЭПК 20:5 $\omega^3$	$\omega^3$ ВНЖК
Super Selco (INVE Aquaculture NV)	14,0	28,6	50,3
DHA Selco (INVE Aquaculture NV)	17,7	10,8	32,7
Super artemia (Catvis) (USA)	9,7	13,2	26,3
Super HUFA (Salt Creek) (USA)	16,4	21,0	41,1

Препарат DHA Selco характеризуется повышенным содержанием докозагексаеновой кислоты (17,7 мг/г сухого веса). В эмульсии Super Selco соотношение ДГК/ЭПК составляет 1:2 (14,0 и 28,6 мг/г соответственно); общее содержание Омега-3 ВНЖК в этом препарате достигает 50,3 мг/г [350].

В последние годы в мире в экспериментальных и коммерческих целях используют новые препараты для обогащения артемии (*A. franciscana*): *Menhaden Oil*, *ALGAMAC-2000*, *DOCOSA GOLD*, *Micro Feast L-10*, *Sander's Rich* (Utah, USA); *Al DHA Selco* (Artemia International LLC, USA); *PROLON*, *P. SPARCLE*, *EASY DHA Selco* (INVE Aquaculture NV, Belgium). В эмульсии *Al DHA Selco* и *EASY DHA Selco* добавлены витамины А, Д<sub>3</sub>, С и Е, а также антиоксиданты (табл. 35) [492; 356].

Таблица 35. Состав эмульсий EASY DHA Selco и Al DHA Selco для обогащения науплиусов артемии (*A. franciscana*) [536]

Показатели	Количество	
	EASY DHA Selco	Al DHA Selco
Влага, %	30	30
Жиры, %	67	67
Зола, %	1	1
Клетчатка, %	1	1
Фосфор, %	0,2	0,2
Витамин А, МЕ/кг	150,000	1,500,000
Витамин Д <sub>3</sub> , МЕ/кг	150,000	150,000
Витамин Е, мг/кг	3600	3600
Витамин С, мг/кг	800	800
Антиоксиданты	Ethoxyquin, ВНА	Ethoxyquin
Соотношение ДГК/ЭПК	2,5:1	2:1
Сумма Омега-3 ВНЖК, мг/г сухого веса	200	-

В препаратах *Menhaden Oil*, *ALGAMAC-2000*, *Micro Feast L-10* содержание жирных кислот после обогащения науплиусов в 1,5-1,9 раз превышает количество кислот в необогащенных рачках; в то же время, эти комплексы уступают по суммарному количеству ВНЖК в 1,4 раза обогащающим растворам Selco (табл. 36) [536].

Таблица 36. Содержание жирных кислот в науплиусах артемии (мг/100 мг сухого веса) при использовании различных обогащающих препаратов [492; 536]

Жирная кислота	Необогащенная артемия	Обогащающие эмульсии				
		Menhaden Oil	SELCO	DHA SELCO	MicroFeast L- 10	ALGAMAC -2000
14:0	0,08	0,36	0,14	0,11	0,12	0,14
16:0	0,92	1,77	1,85	1,77	1,58	1,45
16:1 $\omega^7$	0,33	0,75	0,35	0,39	0,44	0,38
18:0	0,30	0,77	0,91	0,70	0,66	0,37
18:1 $\omega^9$	1,25	2,38	1,77	2,64	2,17	1,84
18:2 $\omega^6$	0,40	0,64	0,81	0,84	0,73	0,50
18:3 $\omega^3$	1,96	2,57	4,97	3,30	3,80	2,76
18:4 $\omega^3$	0,20	0,47	0,69	0,26	0,43	0,23
20:1 $\omega^9$	0,03	0,12	0,08	0,17	0,07	0,04
20:4 $\omega^6$	0,08	0,20	0,19	0,11	0,10	0,15
20:5 $\omega^3$	0,44	1,02	0,59	1,83	0,82	0,68
22:1 $\omega^{11}$	-	0,02	-	0,10	0,01	0,01
22:6 $\omega^3$	-	0,50	0,25	2,33	0,16	0,11
Итого	5,97	11,55	12,60	14,50	11,10	8,66

Эмульсию Selco, помимо этого, применяют с биополимерами (поли-( $\beta$ -гидроксibuтират)) [451] или с метионином (алифатической серосодержащей  $\alpha$ -аминокислотой, входящей в число незаменимых аминокислот) [497].

Недавние исследования индийских ученых показали возможность использования для обогащения науплиусов вместо коммерческих препаратов некоторых видов микроводорослей: комплексы *Nannochloropsis salina*, *Chlorella salina* и *Spirulina subsalsa* или *Chaetoceros calcitrans*, *Skeletonema coastatum*, *Dunaliella salina* и *D. Bardawil*, богатые высоким содержанием ЭПК, протеинов и витаминов. Науплиусы артемии (*Artemia sp.*), обогащенные в течение 15-ти суток *Dunaliella salina*, имели повышенное содержание протеинов, углеводов и жирорастворимых витаминов – бета-каротинов, при внесении в течение 22 дней микроводоросли *Chaetoceros calcitrans* – липидов [378].

Помимо микроводорослей, в качестве альтернативы наиболее часто используемого препарата Selco для обогащения рачков применяют рыбий жир (печень трески) (*oleum jecoris Aselli*) [296], а также масло Бурачника (*borage oil*), основу которого составляет гамма-линоленовая кислота [470].

Итак, научный и коммерческий интерес к методу обогащения науплиусов артемии достаточно велик во многих странах, где занимаются выращиванием объектов аквакультуры. С привлечением данных полного биохимического анализа (включая жирные кислоты) ведется поиск новых нетрадиционных препаратов для биоинкапсуляции рачков,

которые с успехом могут быть использованы при кормлении многих ценных гидробионтов на личиночных стадиях развития.

### *7.2.3.3 Биохимический состав тела науплиусов после обогащения растительными маслами*

Для обеспечения интенсивного роста личинок большинства выращиваемых рыб доля белка в кормах должна составлять не менее 35-45 % [198]. Для цист отмечено относительно высокое содержание белка – до 62,7 % сухого вещества (СВ) и минеральных веществ (7,0 %); количество жира незначительно – 0,34 % СВ. Следует отметить, что низкое количество жира характерно для цист многих артемиевых озер юга Западной Сибири: в среднем, их содержание составляет  $0,4 \pm 0,03$  % СВ (колебания от  $0,07 \pm 0,01$  % до  $0,8 \pm 0,05$  %). Содержание влаги в сухих цистах не превышает 10,7 %.

У необогащенных науплиусов содержание влаги увеличивается до 85,7 %; у рачков, обогащенных различными препаратами, колеблется в пределах 90,0 – 91,0 %.

Количество белков у рачков, обогащенных различными растительными маслами, изменяется следующим образом: минимальная концентрация наблюдается после применения подсолнечного и льняного масел – 63,0 % и 63,6 % соответственно. В то же время, использование для биоинкапсуляции комплекса, состоящего из льняного масла, витаминов и пробиотиков, позволяет поднять уровень белков в артемии до 70,0 %. Максимальное количество протеинов в метанауплиусах (до 71,1 %) отмечают после внесения масла зародышей пшеницы [397].

При выдерживании артемии в обогащающих растворах наибольшее количество жира накапливается после воздействия подсолнечного масла – 23,9 % СВ; калорийность метанауплиусов также максимальная – 475,5 кКал/100 г сухого вещества [397].

После биоинкапсуляции артемии комплексами (витамины «Триовит», пробиотик «Наринэ Форте» с маслом зародышей пшеницы или льняным) уровень жиров относительно стабилен и варьировал в пределах 17,5 – 19,2 % СВ [397].

Рачки, обогащенные комплексом с льняным маслом, также имеют высокую калорийность - до 450 кКал/100 г СВ. Пониженное содержание жира (15,5 %) отмечено лишь при использовании масла зародышей пшеницы; калорийность сухого вещества минимальна – до 432,3 кКал/100 г. В то же время, следует отметить, что для необогащенных метанауплиусов количество жира обычно не превышает 11 %, а калорийность составляет около 350 кКал/100 г СВ, т.е. на 21 % ниже, чем у рачков в возрасте 24 часа [270, 271; 397].

Содержание минеральных или неорганических веществ (показатель зольности), поддерживающих водно-солевой баланс в живом организме, в сухих цистах артемии составляет 5,7 % сухого вещества. В обогащенных рачках общее количество микроэлементов (йод, цинк, медь, фтор, бром, марганец и др.) и макроэлементов (натрий, калий, кальций, магний, хлор, кремний, сера, железо и другие) в 1,4-1,9 раз выше, чем в необогащенных науплиусах (7,0 %) и колеблется в пределах от 10 % (комплекс с льняным маслом) до 12 % (обогащение подсолнечным маслом) [270, 271; 397; 430].

Полученные экспериментальные данные по общему биохимическому составу науплиусов, обогащенных различными питательными смесями, свидетельствуют о повышенном содержании белков, жиров и минеральных веществ в сухом веществе тела рачков по сравнению с необогащенными рачками той же возрастной группы. По количеству жиров (%) и калорийности тела (кКал/100 г) преобладали артемии, «пропитанные» подсолнечным и льняным маслом. Для метанауплиусов, инкапсулированных маслом зародышей пшеницы и комплексом (льняное масло, «Триовит», «Наринэ Форте») отмечена значительная концентрация протеинов. Наиболее высокое содержание минеральных веществ выявлено у особей, обогащенных подсолнечным маслом [270, 271; 397; 430].

Таким образом, применяя технологию обогащения растительными маслами, витаминами и пробиотиками, можно за 12-24 часа увеличить в 1,4 раза содержание жиров и белков в теле науплиусов [270, 271; 397].

#### 7.2.3.4 Биохимический анализ содержания ВНЖК в цистах и обогащенных рачках

При проведении биохимического анализа содержания насыщенных, ненасыщенных, мононенасыщенных, высоконенасыщенных Омега-3 и Омега-6 жирных кислот в метанауплиусах артемии сибирских популяций (*A. parthenogenetica*), обогащенных эмульсиями из подобранных растительных масел (льняное, подсолнечное, зародышей пшеницы и комплекса (масло зародышей пшеницы, витамины «ТРИОВИТ», пробиотик «Наринэ Форте»)) были выявлены 33 кислоты [397].

Ряд жирных кислот – 20:0, 21:0, 22:1 ( $\omega^9$ ), 23:0, 23:1 ( $\omega^9$ ), в том числе, незаменимая Омега-3 докозагексаеновая кислота 22:6 ( $\omega^3$ ), полностью отсутствовали в цистах артемии. Четыре кислоты (20:0, 23:0, 23:1 ( $\omega^9$ ), 22:6 ( $\omega^3$ )) не обнаружены у необогащенных рачков и у метанауплиусов, биоинкапсулированных эмульсией льняного масла. Наибольшее разнообразие по количеству жирных кислот выявлено у артемии, обогащенной маслом

зародышей пшеницы. Кроме того, только при этом обогащении отмечено следовое количество ДГК (0,11 мг/г сухого веса СВ) [397].

При анализе качественного состава жирных кислот в сухих цистах артемии наибольшее значение имеют олеиновая (22,48 %; 34,39 мг/г СВ), линоленовая (Омега-3) – 16,12 % (24,67 мг/г СВ) и пальмитиновая (11,24 %; 17,19 мг/г СВ) кислоты. Для цист артемии сибирских популяций отмечено достаточно высокое содержание незаменимой Омега-3 кислоты – эйкозапентаеновой (ЭПК) – до 6,15 % (9,42 мг/г СВ) [397].

Итак, цисты *A. parthenogenetica* по содержанию основных жирных кислот занимают промежуточное положение среди других рас артемии за исключением кислот 16:2 $\omega^7$  и 16:3 $\omega^4$ , которые не обнаружены даже в следовых количествах (табл. 37) [397].

У 24-х часовых науплиусов сразу после вылупления количество многих карбоновых кислот (14:0, 14:1 ( $\omega^5$ ), 15:0, 16:0, 17:0, 17:1 ( $\omega^7$ ), 18:1 ( $\omega^9$ ), 19:1 ( $\omega^9$ ), 18:3 ( $\omega^3$ ), 18:4 ( $\omega^3$ ) уменьшается в 1,2-1,4 раза по сравнению с содержанием их в цистах. В то же время, концентрация незаменимых эйкозапентаеновой (20:5 ( $\omega^3$ ) и арахидоновой (20:4 ( $\omega^6$ ) кислот возрастает в 1,3 раза – 7,69 и 0,56 % соответственно [397].

Таблица 37. Содержание основных жирных кислот у цист артемии различных рас [475; 6; 407, 408; 86; 116] и сибирских популяций [397]

Код кислоты	Содержание, % от общего уровня	
	[6; 86; 116; 408, 407; 475]	[397]
14:0	0,7-2,4	1,21
15:0	0,8-1,5	0,58
15:1	0,7-1,1	0,50
16:0	7,8-26,6	11,24
16:1	3,1-30,6	5,64
16:2 $\omega^7$	1,2-1,9	-
16:3 $\omega^4$	1,3-5,2	-
18:0	1,5-3,9	3,88
18:1 $\omega^9$	6,6-36,1	22,48
18:3 $\omega^3$	0,4-33,6	16,12
18:4 $\omega^3$	0,4-3,2	2,44
20:3 $\omega^6$	0,1-0,3	0,13
20:5 $\omega^3$	0,2-15,4	6,15
22:6 $\omega^3$	0,1-0,3	0,0

Анализ жирнокислотного состава метанауплиусов, обогащенных эмульсиями различных растительных масел показывает, что по суммарному количеству Омега-3 кислот существенных отличий у биоинкапсулированных рачков не отмечено, причем у небогащенной рачков содержание ВЖК в 1,3-1,7 раз выше (8,9 % или 12,01 мг/г сухого

веса), чем у науплиусов, биоинкапсулированных препаратами. Максимальное суммарное количество Омега-3 (7,04 % или 10,95 мг/г СВ) выявлено у науплиусов при использовании в качестве обогащающей среды эмульсии подсолнечного масла. В то же время, после обогащения у рачков наблюдается значительное увеличение массовой доли незаменимых Омега-6 ненасыщенных кислот – в среднем, в 1,9 раза выше по сравнению с необогащенными рачками (колебания от 1,2 до 3,2 раз). Существенное накопление Омега-6 ВНЖК в тканях метанауплиусов происходило при воздействии подсолнечного масла и обогащающего комплекса (с маслом зародышей пшеницы) – 18,39 % (28,60 мг/г СВ) и 16,2% (30,47 мг/г СВ) соответственно. При применении эмульсии с льняным маслом суммарное количество  $\omega$  6 кислот увеличилось незначительно (11,81 %; 21,01 мг/г СВ) [397].

#### 7.2.3.5 Сравнительный биохимический анализ обогащенных рачков *A. franciscana* и *A. parthenogenetica*

У необогащенных рачков двух различных видов и типов количественные показатели ряда кислот (16:0; 16:1  $\omega^7$ ; 18:0; 18:4  $\omega^3$ ) имеют близкие значения. В то же время, у артемии морского типа [429] (*A. franciscana*) количество незаменимой эйкозапентаеновой кислоты (20:5  $\omega^3$ ) в 1,8 раза меньше, чем у рачков *A. parthenogenetica* (0,44 и 0,77 мг/100 мг СВ соответственно) [397].

Науплиусы артемии сибирских популяций характеризуются высоким содержанием арахидоновой кислоты – в 2,9 раза выше, чем у *A. franciscana* (0,08 и 0,23 мг/100 мг СВ соответственно) и олеиновой (в 1,7 раз – 1,25 и 2,16 мг/100 мг СВ соответственно). В то же время, количество незаменимой линоленовой кислоты у артемии *A. parthenogenetica* в 1,3 раза меньше (1,96 и 1,57 мг/100 мг СВ соответственно). В жирнокислотном составе необогащенных рачков обоих видов отсутствует докозагексаеновая кислота (22:6  $\omega^3$ ) [397].

После обогащения препаратами Menhaden Oil и DHA Selco, количество ДГК у обогащенных рачков *Artemia franciscana* составляет 0,50 и 2,33 мг/100 мг сухого веса соответственно [492]. Среди препаратов зарубежного производства, используемых в аквакультуре морских видов рыб и ракообразных, максимальное количество наиболее важных Омега-кислот (ДГК, ЭПК) [319; 350; 407; 408], а также высокая массовая доля всех имеющихся компонентов, содержится в эмульсии DHA SELCO (INVE, Belgium) (рис. 129).

В препаратах, использованных для обогащения науплиусов сибирских популяций с целью дальнейшего кормления личинок пресноводных видов рыб, отмечается повышенное содержание незаменимых кислот – олеиновой, линолевой, арахидоновой. Максимальное

содержание линолевой кислоты содержится у рачков после обогащения льняным маслом (5 мг/100 мг СВ) [397].

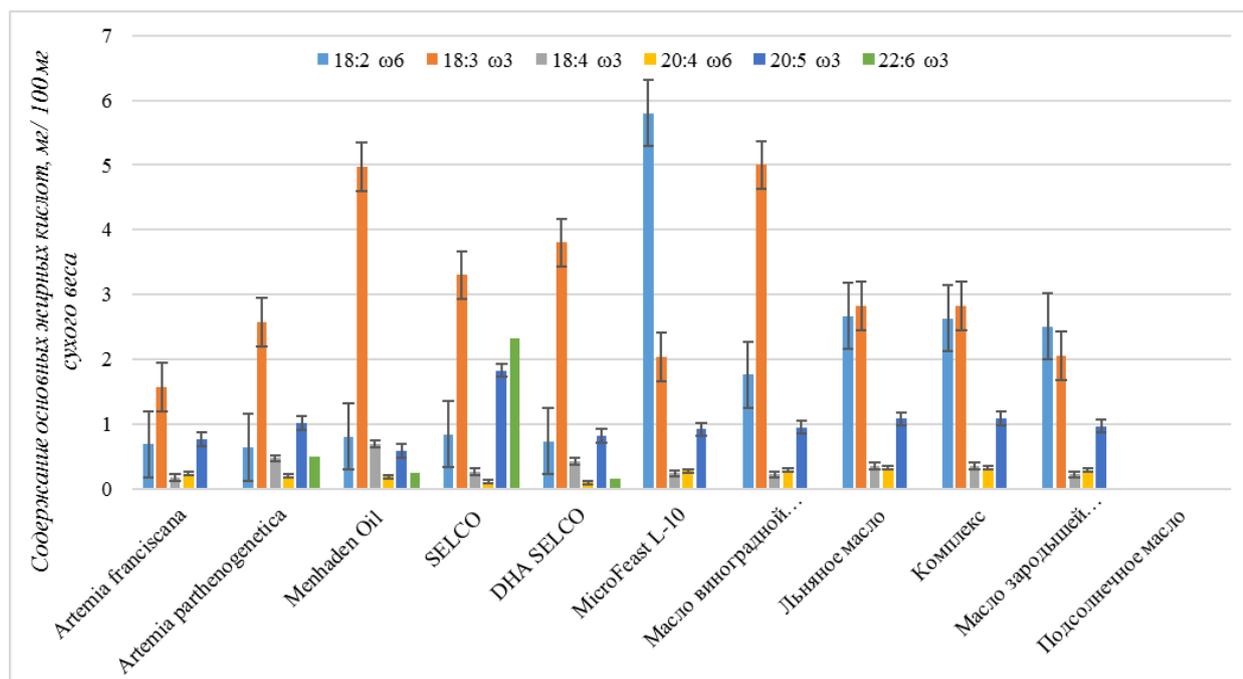


Рис. 129. Содержание жирных кислот n-3 и n-6 у науплиусов артемии – *Artemia franciscana* и *A. parthenogenetica* до и после обогащения различными питательными препаратами (по Tamaru et al., 2000 [397, 492])

#### 7.6.2 Рыбоводно-биологическая характеристика личинок и молоди осетровых (на примере стерляди) после использования живых обогащенных кормов

##### 7.2.3.6 Динамика отхода личинок и молоди

Ежесуточный отход личинок в период интенсивного подращивания при использовании артемии разных обогащающих препаратов составляет от 0,24 % (комплекс с льняным маслом) до 0,52 % (подсолнечное масло). Максимальный отход у личинок стерляди за период подращивания отмечается при использовании для кормления науплиусов, обогащенных подсолнечным маслом – 10,82 %, минимальный – при кормлении рачками, инкапсулированным комплексом с льняным маслом (5,01 %) (рис. 130).

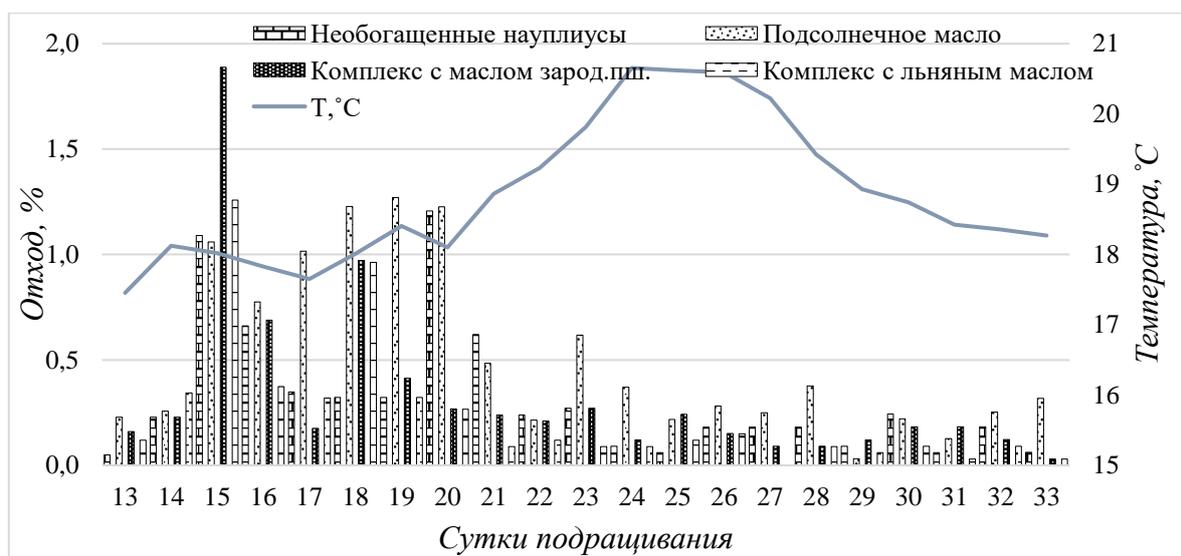


Рис. 130. Отход личинок стерляди за период подращивания с помощью живых обогащенных и необогащенных кормов (науплиусы артемии) [397]

Максимальная выживаемость молоди стерляди возможна при использовании в качестве корма науплиусов, обогащенных льняным маслом, витаминами и пробиотиком (свыше 82,4 %) [397].

#### 7.2.3.7 Темп весового роста личинок стерляди

Во время перехода на активное питание и в первые несколько суток после него удельная скорость весового роста личинок стерляди при кормлении необогащенными рачками артемии низкая и составляет в среднем 0,04 [397].

В период интенсивного питания рыбы при использовании артемии, обогащенной различными питательными растительными маслами, отмечается наибольшая скорость весового роста стерляди. Масса личинок при кормлении рачками с применением масла зародышей пшеницы ( $671 \pm 52$ ) мг превышает на 28 сутки подращивания в 1,3 раза массу личинок, питавшихся необогащенными науплиусами ( $535 \pm 51$ ) мг (данные достоверны при уровне значимости  $p < 0,05$ ). Необходимо помнить, что при кормлении особей живым обогащенным кормом (например, льняным маслом) масса стерляди на начальных этапах подращивания может быть даже несколько ниже по сравнению с рыбой, подращиваемой без использования для артемии пищевых добавок ( $p < 0,05$ ) (рис. 131) [397].



Рис. 131. Весовой рост подращенных личинок стерляди при кормлении обогащенными и необогащенными науплиусами артемии [397]

В начальный период активного питания удельная скорость весового роста молоди резко увеличивается до 0,2 при кормлении рыбы артемией, обогащенной любым из предложенных препаратов. Значения этого показателя остаются высокими весь период подращивания. Максимальные индексы отмечаются у 24-33-суточных подращенных личинок при кормлении науплиусами, биоинкапсулированными льняным маслом (0,19) [397].

Среднее значение коэффициента удельной скорости роста за весь период подращивания (20-21 сутки) составляет 0,11 при кормлении необогащенными науплиусами артемии, 0,13 – при использовании обогащенных рачков [397].

Другой показатель динамики весового роста личинок - коэффициент массонакопления ( $K_m$ ) - весь период подращивания с использованием живых обогащенных кормов в 1,24 раза выше, чем при кормлении необогащенной артемией ( $K_m$  0,021 и 0,017 соответственно) [397].

Коэффициент варибельности ( $C_v$ ) массы тела по мере роста молоди увеличивается скачкообразно. Изменчивость признака достигает максимальных значений у 24-суточных личинок при кормлении науплиусами, обогащенными подсолнечным маслом (42,23 %). При питании рачками, биоинкапсулированных маслом зародышей пшеницы, максимальный коэффициент изменчивости в 1,3 раза ниже (32,37 %). Средний за период показатель  $C_v$  практически не отличается при кормлении необогащенными рачками и при использовании науплиусов артемии, обогащенных подсолнечным маслом – 19,2 и 19,5 % соответственно [397].

Варибельность массы тела подращенных личинок стерляди наименьшая после кормления рачками, биоинкапсулированными комплексом с маслом зародышей пшеницы - 16,9 %. В течение этого времени максимальные показатели прироста массы тела возможны у молоди, питавшейся в личиночный период науплиусами артемии, обогащенными питательной эмульсией с маслом зародышей пшеницы, минимальные – при кормлении необогащенными науплиусами (в среднем, в 1,3-1,4 раза меньше по сравнению с обогащенными кормами) [397].

Максимальная кривая абсолютного весового роста личинок и мальков стерляди может наблюдаться у молоди, питавшейся в личиночный период науплиусами, обогащенными маслом зародышей пшеницы, витаминами и пробиотиком; минимальная – при кормлении небогащенными рачками. На 121 сутки выращивания разница по массе между различными вариантами кормления (например, использование масла зародышей пшеницы и небогащенных рачков) увеличивается в 1,6 раза (56,2 и 35,4 г соответственно).

По мере роста мальков стерляди значения изменчивости массы тела возрастают при всех вариантах использования обогащенных кормов, достигая максимума в возрасте 40-45 суток, причем при кормлении небогащенными рачками коэффициент вариабельности может быть несколько ниже – 34,78 и 38,08-46,16 % соответственно (рис. 132). У молоди стерляди в двух-трехмесячном возрасте значения этого показателя снижались. В целом, снижение индекса вариабельности массы у молоди соответствует закономерностям, выявленным для молоди других видов рыб [76].

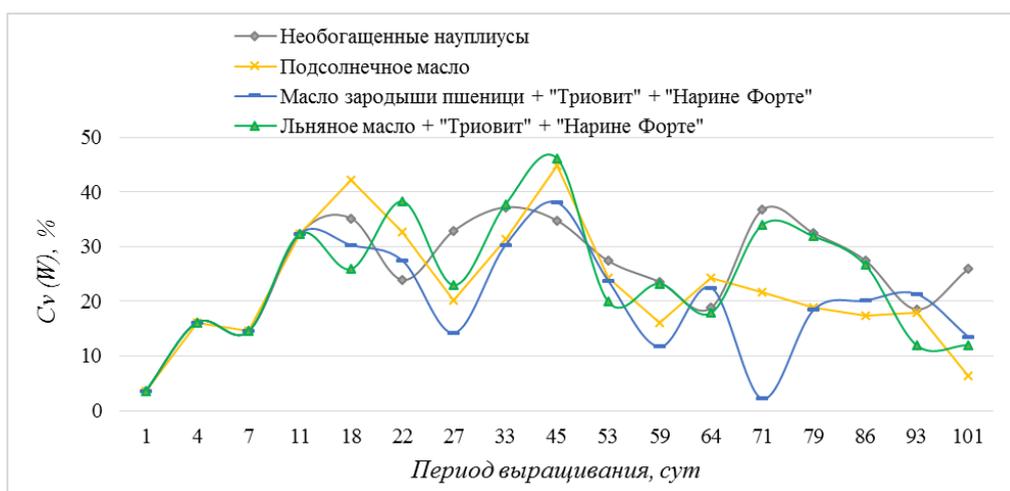


Рис. 132. Изменчивость ( $C_v$ , %) весового роста ( $W$ ) молоди стерляди в течение 4-х месяцев выращивания при разных рационах кормления в личиночный период развития

#### 7.2.3.8 Биохимический анализ тканей личинок и молоди стерляди

*Общий биохимический состав тела подращенных личинок стерляди.* На протяжении первого года жизни для молоди осетровых характерны повышенная оводненность и пониженная жирность тела [76]. У мальков стерляди в возрасте 28 суток после кормления небогащенной артемией наблюдается значительная оводненность тела (89,9 %). При использовании в качестве корма науплиусов, обогащенных льняным маслом, витаминами и пробиотиком «Наринэ-Форте» этот показатель снижается на 1,3 % (88,6 %) (Приложение Б).

Биохимический анализ содержания ВНЖК у молоди стерляди. При проведении биохимического анализа содержания насыщенных, ненасыщенных, мононенасыщенных, высоконенасыщенных Омега-3 и Омега-6 жирных кислот в подрошенных личинках стерляди (Приложения В-Е) после кормления небогащенными науплиусами артемии сибирских популяций (*A. parthenogenetica*) и рачками, обогащенными эмульсиями из растительных масел (льняное, подсолнечное, зародышей пшеницы) с добавлением витаминов «Триовит» и пробиотика «Наринэ-Форте» из кислотного ряда с 14:00 до 22:6( $\omega^3$ ) выявлено 39 кислот [397]. Некоторые жирные кислоты (19:2( $\omega^6$ ), 22:3 $\omega^3$ , 22:4 $\omega^3$ ) у подрошенных личинок стерляди отсутствуют. Кислоты 22:0 и 23:1 $\omega^9$  не обнаружены у стерляди после кормления небогащенными рачками и науплиусами, биоинкапсулированными эмульсией льняного масла, витаминов и пробиотика. Кислота 22:1 $\omega^7$  также не выявлена у особей при кормлении небогащенной артемией. Наибольшее разнообразие по количеству жирных кислот наблюдается у стерляди, питающейся артемией, обогащенной подсолнечным или льняным маслом. В то же время, максимальное общее содержание жирных кислот отмечено у особей, использовавших для питания науплиусов, обогащенных маслом зародышей пшеницы, витаминами и пробиотиком (358,54 мг/г сухого вещества). Минимальное суммарное содержание жирных кислот определено у стерляди при кормлении небогащенными рачками - 261,77 мг/г СВ или в 1,4 раза меньше, чем при использовании масла зародышей пшеницы (рис. 133).



Рис. 133. Общее содержание жирных кислот (мг/г сухого веса) у подрошенных личинок стерляди после кормления небогащенными и обогащенными науплиусами артемии; лаборатория АРЦ; г. Гент, Бельгия [397]

При анализе качественного состава жирных кислот у всех групп подрошенной молоди стерляди отмечено значительное количество незаменимых Омега-3 кислот -

эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой (ДГК). Минимальное содержание ЭПК и ДГК выявлено у стерляди после кормления небогащенными рачками (13,78 и 20,51 мг/г СВ соответственно), самое высокое – у молоди после кормления науплиусами, обогащенными маслом зародышей пшеницы, витаминным комплексом и «Наринэ-Форте» (17,21 и 25,77 мг/г СВ соответственно) (рис. 134). Соотношение ДГК и ЭПК было максимальным при использовании подсолнечного масла (1,55), минимальным – при обогащении льняным маслом (1,40).

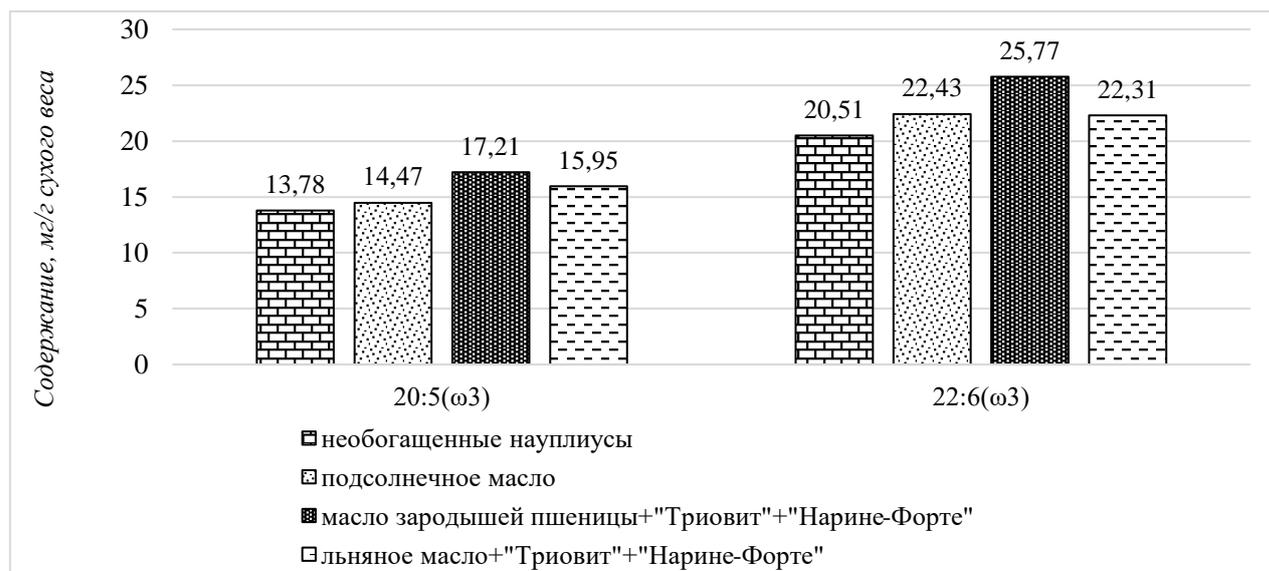


Рис. 134. Содержание (мг/г сухого веса) Омега-3 ВНЖК: (ЭПК 20:5  $\omega_3$ ) и (ДГК 22:6  $\omega^3$ ) у подрощенных личинок стерляди после кормления небогащенными и обогащенными науплиусами артеми; лаборатория АРЦ (г. Гент, Бельгия)

У мальков стерляди при всех вариантах кормления отмечено наличие Омега-3 альфа-линоленовой кислоты (АЛК 18:3  $\omega^3$ ) и достаточно высокое содержание Омега-6 линолевой кислоты (ЛК 18:2  $\omega^6$ -с), незаменимых для молоди пресноводных видов рыб [74] (рис. 135).

Наибольшее количество этих кислот определено у мальков, питавшихся в личиночный период артемией, предварительно биоинкапсулированной маслом зародышей пшеницы (9,21 и 39,92 мг/г СВ соответственно). При использовании небогащенных рачков содержание этих кислот у стерляди было в 1,3 раза меньше – 6,92 и 31,25 мг/г СВ соответственно [397].

По суммарному количеству Омега-3 и Омега-6 кислот существенных отличий у мальков, прокормленных различными обогащенными науплиусами, не отмечено (рисунок 13). В то же время, у стерляди, питавшейся небогащенными рачками, содержание  $\omega^3$ ,  $\omega^6$  ВНЖК в 1,3 раза ниже, чем у мальков, использовавших для кормления науплиусов,

биоинкапсулированных маслом зародышей пшеницы, витаминами «Триовит» и «Наринэ-Форте» (6,92 и 31,25 мг/г сухого веса соответственно) [273; 397].

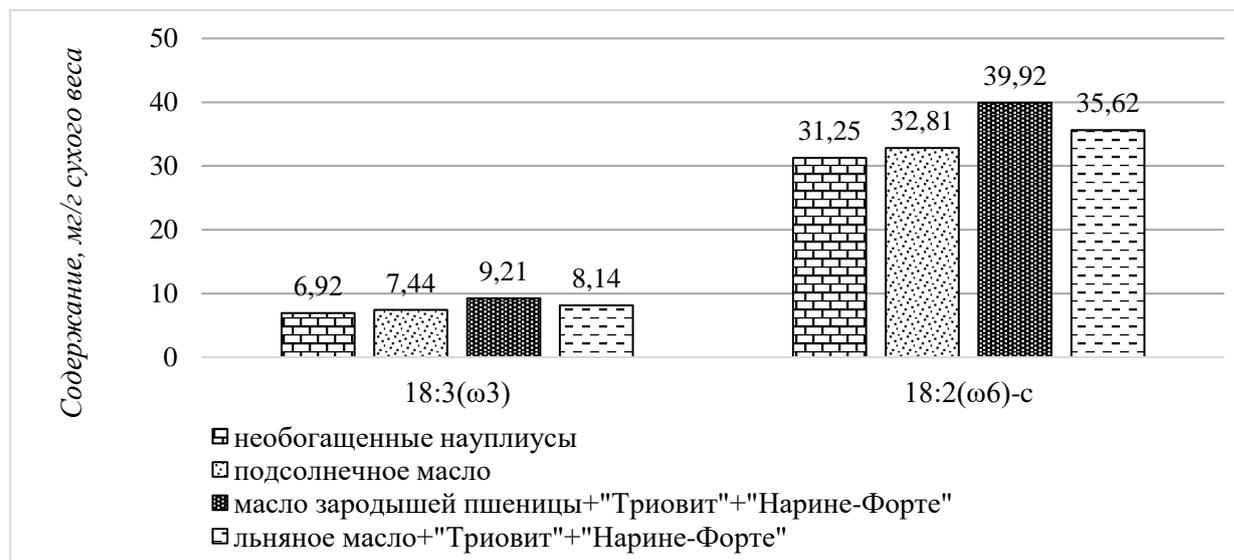


Рис. 135. Содержание (мг/г сухого веса) Омега-3 и Омега-6 ВНЖК: альфа-линоленовой (АЛК 18:3 ω<sup>3</sup>) и линолевой кислоты (ЛК 18:2 ω<sup>6</sup>-с) у подрощенных личинок стерляди после кормления необогащенными и обогащенными науплиусами артемии

Концентрация незаменимой докозагексаеновой (22:6ω<sup>3</sup>) у молоди стерляди в 2,2-2,9 раз выше, чем у русского осетра (6,85-7,83 и 2,3-3,5 % соответственно). Кроме того, у стерляди выявлено достаточно высокое содержание незаменимой Омега-6 линолевой кислоты 18:2ω<sup>6</sup>-с (10,93-11,94 %), отсутствующей у мальков осетра. В то же время, количество арахидоновой кислоты (20:4ω<sup>6</sup>) у стерляди в 5-6 раз меньше, чем у осетра (0,42-0,45 2,4-3,4 % соответственно).

Следует отметить, что процентное содержание основных жирных кислот, обнаруженных в тканях молоди сибирской стерляди, близко к таковому у молоди каспийского осетра за исключением кислот 16:2ω<sup>7</sup> и 20:2ω<sup>6</sup>, которые не обнаружены даже в следовых количествах (табл. 38).

Следует отметить, что концентрация незаменимой докозагексаеновой (22:6ω<sup>3</sup>) у молоди стерляди в 2,2-2,9 раз выше, чем у русского осетра (6,85-7,83 и 2,3-3,5 % соответственно). Кроме того, у стерляди выявлено достаточно высокое содержание незаменимой Омега-6 линолевой кислоты 18:2ω<sup>6</sup>-с (10,93-11,94 %), отсутствующей у мальков осетра. В то же время, количество арахидоновой кислоты (20:4ω<sup>6</sup>) у стерляди в 5-6 раз меньше, чем у осетра (0,42-0,45 2,4-3,4 % соответственно) [397].

Таблица 38. Содержание основных жирных кислот в тканях молоди русского осетра [76] и стерляди иртышской популяции [397]

Код кислоты	Содержание, % от общего уровня кислот	
	[76]	[397]
14:0	1,7-2,4	2,42-2,69
15:0	0,9-1,4	0,26-0,29
15:1	0,4-0,9	0,05-0,06
16:0	13,7-19,3	15,72-16,76
16:1	9,9-12,9	4,38-4,84
16:2 $\omega^7$	1,2-2,5	-
17:1 $\omega^8$	1,9-2,4	0,23-0,28
18:0	2,0-2,5	1,32-1,56
18:1 $\omega^9$	28,4-37,1	29,06-32,24
18:2 $\omega^6$ -t	1,4-2,9	0,25-0,49
18:2 $\omega^6$ -c	-	10,93-11,94
18:3 $\omega^6$	0,8-1,6	0,03-0,09
18:4 $\omega^3$	1,0-1,2	0,92-1,05
20:1 $\omega^9$	4,5-9,9	3,19-3,43
20:2 $\omega^6$	0,5-1,3	-
20:3 $\omega^6$	0,2-0,6	0,24-0,27
20:4 $\omega^6$	2,4-3,4	0,42-0,45
20:5 $\omega^3$	2,8-6,5	4,08-5,26
22:1 $\omega^9$	-	0,31-0,34
22:4 $\omega^6$	0,7-1,2	0,04-0,05
22:5 $\omega^3$	1,4-1,7	1,22-1,3
22:5 $\omega^6$	0,3-0,8	0,11-0,14
22:6 $\omega^3$	2,3-3,5	6,85-7,83

#### 7.2.3.9 Биохимический состав крови молоди стерляди

*Показатели белкового обмена.* Содержание общего белка в сыворотке крови молоди стерляди было максимальным после кормления науплиусами, обогащенными подсолнечным маслом – (56,95±0,88) г/л ( $C_v=2,71$  %). Минимальные значения отмечены у особей, питавшихся в личиночный период рачками, обогащенными маслом зародышей пшеницы, витаминами и пробиотиком - количество белка составило (53,97±1,44) г/л ( $C_v=4,63$  %). Незначительные различия по количеству общего белка отмечены у стерляди, выращенной с помощью живых необогащенных рачков (55,96±1,75) г/л;  $C_v=2,71$  %) и науплиусов, обогащенных питательной смесью (льняное масло, «Триовит», «Наринэ-Форте») – (55,51±0,80) г/л ( $C_v=2,48$  %). В сыворотке крови молоди, питавшейся артемией, биоинкапсулированной подсолнечным маслом, отмечена более высокая концентрация общего

белка ( $57,00 \pm 1,75$ ) г/л; ( $Cv=5,33$  %) по сравнению с особями, потреблявшими другие обогащенные корма.

Следует отметить, что содержание общего белка в сыворотке крови молоди стерляди при всех рационах кормления соответствовало физиологической норме для рыб - 25-70 г/л [239; 76].

Обращает внимание разброс колебаний креатинина, конечного продукта в цепочке метаболического распада креатинфосфата – органического соединения, участвующего в процессе быстрого получения энергии при мышечных сокращениях [239]. У молоди стерляди при разном рационе кормления его значения варьировали от ( $130,33 \pm 23,31$ ) мкмоль/л при использовании рачков, обогащенных питательным комплексом (масло зародышей пшеницы, «Триовит», «Наринэ-Форте»), до ( $214,22 \pm 24,69$ ) мкмоль/л – при кормлении науплиусами, биоинкапсулированными подсолнечным маслом. При использовании небогащенной артемии содержание креатинина в сыворотке крови стерляди занимает промежуточное значение - ( $136,67 \pm 56,6$ ) мкмоль/л. Следует отметить, что в норме креатинин образуется постоянно, поэтому его концентрация в крови достаточно стабильна и определяется, в основном, объемом мышечной массы [239].

Мочевина является одним из конечных продуктов распада белков, в норме коррелирует с креатинином: чем выше содержание креатинина, тем выше значения мочевины [239]. При исследовании сыворотки крови молоди стерляди всех групп значения этого биохимического показателя достаточно стабильны: от ( $1,54 \pm 0,09$ ) моль/л при кормлении небогащенными кормами и обогащенными рачками (подсолнечное масло) до ( $1,58 \pm 0,15$ ) моль/л при использовании льняного масла, витаминов «Триовит» и «Наринэ-Форте».

*Показатели углеводного обмена.* Потребность в глюкозе, как основном источнике энергии, увеличивается параллельно с ростом и развитием живого организма [239]. Количество глюкозы в крови рыб сильно меняется в зависимости от интенсивности питания, характера обмена веществ и физиологического состояния (физиологическая норма для рыб – 2-11 моль/л) [239].

Исследования показали, что максимальное количество глюкозы выявлено у мальков, питавшихся науплиусами, обогащенными питательной эмульсией с маслом зародышей пшеницы – ( $3,70 \pm 0,49$ ) моль/л. В крови стерляди, использовавшей в качестве корма небогащенных рачков, содержание глюкозы в 1,5 раза меньше – ( $2,55 \pm 0,28$ ) моль/л, т.е. значения находились у нижней границы физиологического оптимума. При кормлении другими обогащенными живыми кормами значения этого показателя варьировали в незначительных пределах, составив в среднем ( $3,20 \pm 0,2$ ) моль/л.

*Показатели липидного обмена.* Холестерин (основной липид) входит в состав клеточных мембран, поддерживает их прочность [239]. Физиологическая норма для рыб – (7,5-10,5) моль/л [239]. При анализе холестерина в сыворотке крови молоди стерляди отмечено его недостаточное количество во всех группах рыб: минимальное содержание у стерляди, питавшейся небогащенными рачками (2,23±0,09) моль/л; (Cv=6,84 %), максимальное у особей, потреблявших артемию, обогащенную маслом зародышей пшеницы, витаминами и пробиотиком (2,93±0,18) моль/л; (Cv=10,41 %).

Триглицериды – конечный продукт переваривания и разрушения жиров, которые поступают с пищей [239]. Уровень триглицеридов у всех исследуемых особей был практически одинаковым и находился в пределах от (3,06±0,21) моль/л у мальков, питавшихся небогащенной артемией (Cv=11,90 %), до (3,39±0,12) моль/л у рыб, использовавших рачков, биоинкапсулированных эмульсией с льняным маслом (Cv=7,14 %).

*Ферменты.* Из ферментов выделена щелочная фосфатаза (ЩФ), ответственная за кальциево-фосфорный обмен. Этот фермент продуцируют клетки крови различных тканей: эпителий кишечника, почки, остеобласты костей и печень [239]. Активность ЩФ в период раннего онтогенеза, когда животные интенсивно растут, в норме выше в 1,5-4 раза (до 800 ЕД), чем у взрослых особей [239]. Значения, характеризовавшие ЩФ у мальков стерляди, выращенных с помощью обогащенных рачков (льняное масло + «Триовит» + «Наринэ-Форте»), были самыми высокими – (788,33±58,89) ЕД (Cv=12,94 %). Следует отметить, что повышенные показатели щелочной фосфатазы в сыворотке крови также выявлены у стерляди при кормлении науплиусами, обогащенными маслом зародышей пшеницы, витаминами и пробиотиком, - (755,00±77,95) ЕД (Cv=17,88 %). Наименьшие значения этого фермента определены для стерляди, питавшейся небогащенными рачками (533,33±80,71) ЕД, (Cv=26,21 %).

#### 7.2.3.10 Краткий клинический анализ крови молоди стерляди

Содержание гемоглобина (HGB) и количество эритроцитов (RBC) в крови мальков стерляди было максимальным после кормления науплиусами, обогащенными комплексом («Триовит» + «Наринэ-Форте») с льняным маслом, составив 78,5 г/л и 1,47 10<sup>12</sup>/г соответственно. Минимальные значения HGB отмечены у особей, питавшихся рачками, обогащенными витаминами и пробиотиком с маслом зародышей пшеницы - количество не превышало 60,5 г/л. В то же время, самая низкая концентрация RBC отмечена для стерляди после кормления небогащенной артемией (1,21 10<sup>12</sup>/г). Незначительные различия по

содержанию гемоглобина отмечены у молоди после кормления науплиусами, обогащенными подсолнечным маслом по сравнению с кормом, не содержащим дополнительные биологические добавки - 74,00 и 70,00 г/л соответственно. Концентрация эритроцитов у особей из двух остальных групп (подсолнечное масло и масло зародышей пшеницы) более высокая, чем у рыбы после кормления проинкубированной артемией без дополнительной биоинкапсуляции - 1,45 и 1,43  $10^{12}$ /л соответственно.

По содержанию гематокрита (НСТ) все особи стерляди имели сходные показатели, составив 30,6-31,5 % при использовании обогащенных кормов и 33,1 % - при обычном кормлении.

Итак, по основным гематологическим критериям, таким как содержание гемоглобина, величина гематокрита, число эритроцитов, физиологическое состояние молоди стерляди после кормления обогащенными кормами можно оценить как удовлетворительное.

#### 7.2.4 Обогащение науплиусов гаприном и льняным маслом

Помимо незаменимых жирных кислот, личинкам многих видов рыб (например, осетровые) в период раннего онтогенеза необходимы легкоусвояемые протеины. Поэтому для достижения сбалансированного рациона при кормлении молоди целесообразно обогащать живые корма не только жирными кислотами, но и высокобелковыми компонентами.

В качестве последних для биоинкапсуляции науплиусов второй науплиальной стадии вводили суспензию микробного белка гаприна со значительным содержанием протеина, наличием всех незаменимых аминокислот и витаминов (группы В). При вторичном обогащении в солевой раствор вносили эмульсию льняного масла.

Гапсин – это сухая инактивированная микробная масса метанооксиляющих бактерий – *Methylococcus capsulatus*. Выращивание бактерий ведется на углеводородах природного газа, где в питательную среду вводятся неорганические минеральные и азотистые соли. Гапсин обладает высоким содержанием протеина (65-75 %), содержит большое количество нуклеиновых кислот, что обуславливает повышенную скорость роста и размножения микроорганизмов. Обладает значительным уровнем липидов, однако в нем отсутствуют высоконенасыщенные жирные кислоты. Отличительная особенность его аминокислотного состава – это высокое содержание таких незаменимых кислот как фенилаланин, метионин и тирозин, что дает гапсину особые преимущества перед белками с дефицитом аминокислот (табл. 39). Эффективность использования гаприна в рационах карпа разного возраста [201] и

у сеголеток сиговых рыб [200] подтверждена опытами. Авторами этих исследований делается вывод о возможности замены рыбной муки на гаприн в искусственных кормах.

Гаприн также оказался весьма перспективным для включения его в состав обогащающей смеси для науплиусов артемии, что позволяет получать живые стартовые корма для личинок и молоди рыб высокого качества [137; 168].

Таблица 39. Аминокислотный состав гаприна, % к сумме учтенных аминокислот [201]

Аминокислоты		Годы отбора образцов	
		1986	1987
Незаменимые	Лизин	5,6	6,8
	Гистидин	2,1	3,0
	Аргинин	8,2	7,9
	Треонин	7,4	4,5
	Валин	6,2	5,9
	Метионин	2,6	3,3
	Изолейцин	4,4	4,6
	Лейцин	9,4	8,9
	Фенилаланин	5,7	6,5
Заменимые	Глютаминовая кислота	13,8	12,0
	Аспарагиновая кислота	11,1	9,4
	Серин	3,3	3,8
	Глицин	4,5	5,4
	$\alpha$ -ланин	7,6	7,4
	Пролин	3,7	4,9
	Тирозин	4,1	5,7

Следует отметить, что эксперименты по использованию гаприна в качестве обогащающего препарата для биоинкапсуляции науплиусов артемии ранее в России и за рубежом не проводились. Опыт обогащения науплиусов артемии микробным белком (гаприном) и жирными кислотами относится к собственной разработке авторов монографии М.А. Корентович, Л.И. Литвиненко, П.А. Зенкович [147]. Технология обогащения науплиусов артемии микробным белком и жирными кислотами позволяет увеличить темпы роста и выживаемость объектов аквакультуры.

Перспективы обогащение метанауплиусов артемии гаприном и жирными кислотами огромны. Обогащение этих гидробионтов гаприном позволит повысить содержание белка и незаменимых аминокислот в рачках, к тому же, жирные кислоты дополняют необходимые для жизнедеятельности рыб линоленовые и линолевые кислоты.

Для достижения наибольших темпов роста и выживаемости объектов аквакультуры необходимо вносить в обогатительный раствор, помимо гаприна, жирные кислоты (например, витаминно-липидный комплекс «Арфит», льняное масло). Подбор таких обогащающих компонентов как препарат «Арфит», льняное масло осуществляли по высокому содержанию в них ВНЖК и по выживаемости науплиусов артемии в питательном растворе за период обогащения.

Отличительная особенность аминокислотного состава гаприна – высокое содержание ароматических кислот (фенилаланин, метионин, тирозин) что дает гаприну особые преимущества для кормления объектов аквакультуры, также гаприн содержит большое количество витаминов группы В, в особенности В12 [251].

*Льняное масло* вырабатывается из семян льна, особо богато ВНЖК – линоленовой и альфа-линоленовой в соотношении 1:1. Также в льняном масле содержится жирная кислота из семейства омега-6 – гамма-линоленовая. Льняное масло является источником витаминов (В1, В2, Е) и минеральных веществ (калий, фосфор, магний). Льняное масло также богато следующими аминокислотами: фенилаланин, изолейцин, триптофан, тирозин, треонин, валин [36; 117].

Льняное масло улучшает состояние сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, головного мозга, половых желез, глаз, а также способствует нормализации липидного обмена и улучшает регенерацию тканей [117].

*«Арфит»* – иммуномодулирующий, лечебно-профилактический препарат-премикс. Применяется в качестве обогатительной добавки для кормления личинок, молоди рыб и ракообразных. В его состав входит фитокомплекс и концентрат из цист артемии, содержит незаменимые ВНЖК (омега-3 и омега-6). В совокупности с льняным маслом позволит восполнить недостающие в гаприне ВНЖК.

Препарат «Арфит» также богат витаминами А, Е, F, каротиноидами, микроэлементами, является экологическим и натуральным средством, в составе препарата отсутствуют гормоны, препарат не токсичен и не вызывает привыкания.

#### 7.2.5 Обогащение науплиусов препаратом «Арфит»

В настоящее время одним из наиболее популярных и перспективных объектов мировой аквакультуры является белоногая креветка *Penaeus vannamei*. По данным FAO (2017 г.), объём производства вида составил 3,879 млн. тонн или более 50 % от общего количества выращенных в искусственных условиях десятиногих ракообразных [534].

Несмотря на все успехи в области промышленного производства креветок, имеются серьезные проблемы при их выращивании, особенно на ранних стадиях онтогенеза. В связи с этим, крайне неэффективным представляется традиционное введение в рацион постличинок сухого искусственного корма сразу после рассасывания желточного мешка, что приводит к очень низкой выживаемости креветок (не более 10-20 %), подверженности молоди бактериальным и вирусным заболеваниям. Решение проблемы низкой выживаемости личинок креветок заключается в применении высокоэффективного лечебно-профилактического препарата-премикса «Арфит» (автор-разработчик ООО «Шримп», г. Новосибирск) путем использования технологии биоинкапсуляции живого корма.

Экспериментальные работы проведены на частной рыбоводной ферме провинции Гуандун (КНР). Начальный возраст креветок – 15 суток, общее количество – 57,2 тыс. экз. Для кормления личинок креветок в качестве живого корма использовали жаброногого рачка артемию (*Artemia parthenogenetica* Varigozzi, 1974; Bowen, Sterling 1978). За основу метода обогащения науплиусов взята разработка Артемиевого Реферативного центра (Бельгия) [429], усовершенствованная при работе с артемией сибирских популяций [271]. Для обогащения использовали препарат «Арфит» из расчёта 0,4-0,5 г/дм<sup>3</sup>, льняное масло и пробиотик «Наринэ-Форте». Подбор масел растительного происхождения осуществляли по высокому содержанию в них ВНЖК и по выживаемости рачков в растворе после обогащения. Определение минимального времени заполнения пищевой трубки артемии проводили у 28-ми часовых рачков, используя фитокомплекс, входящий в состав препарата «Арфит» и имеющий вид порошка буро-коричневого цвета (размеры частиц - 1-40 мкм). Растворенный в воде фитокомплекс (концентрация 5,087 млн/мл<sup>3</sup>) добавляли в чашки Петри с науплиусами от одной (0,00968 млн/мл<sup>3</sup>) до 65 капель (1,239 млн/мл<sup>3</sup>).

*Особенности препарата «Арфит».* В отличие от обогатителя «Selco» (изготовитель INVE, Бельгия) [536], «Арфит» включает не только комплекс ВНЖК, но и содержит биологически активные вещества, которые проявляют антибактериальные, антивирусные, противоопухолевые, антипаразитарные и иммуномодулирующие свойства. Препарат обладает высокой биодоступностью за счёт микронизации, безопасен, не токсичен и не вызывает привыкания. Благодаря антиоксиданту в своём составе, имеет пролонгированный срок хранения - до 4-х лет. В его составе идентифицировано более 70-ти химических элементов; содержатся незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты (Омега-3 и Омега-6), витамины А, Е, F, каротиноиды, сквален, производные холестерина. Оздоровительный эффект препарата «Арфит» достигается, во-вторых, посредством действия входящих в его состав БАВ животного происхождения (из цист рачка артемии), представленных витаминно-липидным

комплексом-экстрактом с антиоксидантом «Салар». Кроме того, в состав «Арфита» входят растения-эндемики Алтая и Западной Сибири (фитосбор).

*Обогащение науплиусов артемии.* Опыты по определению минимального времени содержания науплиусов в обогащающем растворе до полного наполнения пищевой трубки рачков показали (рис. 136), что у 30-50 % особей уже через 30 минут от начала биоинкапсуляции происходит наполнение кишечника, если количество пищевых организмов находится в пределах от 0,0788 до 1,2619 млн/мл. Максимальное количество метанауплиусов с наполненным кишечником (до 68 %) отмечено после вторичного внесения фитосбора за 1-2 часа до снятия обогащенных рачков.



Рис.136. Различная степень наполняемости пищевой трубки артемии фитокомплексом: А - 100 %; Б - 50 %; В – 0 %

Наибольший линейный рост обогащенных метанауплиусов отмечен при использовании «Арфита» с льняным маслом и «Наринэ Форте»: длина рачков при этом составила  $0,81 \pm 0,24$  мм или в 1,4 раза выше, чем в контроле (необогатённые науплиусы –  $0,58 \pm 0,03$  мм).

*Подращивание личинок креветок.* Результаты подращивания личинок и молоди креветок до возраста 70-ти суток в опытных бассейнах показали ускоренный темп линейно-весового роста рачков (в 2-4 раза выше контроля), удельной скорости весового роста, абсолютных и относительных показателей суточных приростов, высокую выживаемость ракообразных (до 97 %) в опытных бассейнах по сравнению с контрольными (в 18,8 – 53,0 раза ниже) при использовании живых кормов, обогащенных препаратом «Арфит». Наилучшие результаты удалось достичь в экспериментальных бассейнах объемом  $2 \text{ м}^3$ , где весовой рост личинок превышал в 15,9 раз контроль (на 46-е сутки подращивания масса креветок в опыте составила 1368 мг, в контроле – 86 мг), а выживаемость рачков была близка к 100 %. Элиминация в контроле достигла 90,1 %. Сравнительный анализ темпов весового роста креветок в период раннего онтогенеза с помощью величины достоверности аппроксимации показал, что во всех вариантах опыта и контроля существовала очень

сильная, близкая к функциональной, положительная связь между массой личинок и их возрастом - коэффициент корреляции  $r$  находился в пределах от 0,9849 до 0,9994.

На основании проведённых исследований были предложены временные рекомендации по использованию препарата «Арфит» совместно с питательным комплексом (льняное масло, ацидофильное молоко «Наринэ-Форте») для обогащения стартовых живых (метанауплиусы артемии) с целью получения жизнестойкой молоди креветки *Penaeus vannamei* до возраста 70-ти суток, ихтиомассой 2,0 кг/м<sup>2</sup> при высоких показателях удельной скорости роста (до 0,26), максимальных ежесуточных относительных приростов (22,9 % от массы тела креветок), выживаемости особей более 97 %, низких значениях коэффициента оплаты корма (до 0,6 единиц).

## Глава 8 ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И ПЕРЕРАБОТКЕ АРТЕМИИ НА ОСНОВЕ ОПЫТА ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ

### 8.1 Способы первичной переработки цист (сбор, промывка, сушка, хранение)

В основном цисты располагаются по всей акватории водоема. В толще воды обитают живые артемии с невыметанными цистами, мертвые рачки, а также свободно плавающие яйца, находящиеся в состоянии диапаузы. В зависимости от воздействия течения, ветра, содержания солей и расположения береговой линии, цисты могут концентрироваться как в толще воды, так и на поверхности или, образуя скопления, могут выбрасываться на берег (рис. 137).



Рис. 137. Скопление цист артемии на береговой линии водоема [157]

Однако при отсутствии ветра и волн, цисты располагаются как на водной поверхности тонким слоем, так и на дне водоема [241].

Артемиевые озера в основном являются мелководными, количество в них бентосных цист соизмеримо количеству планктонных. В большинстве случаев бентосные цисты не всплывают в момент осенней заготовки, поэтому являются резервом для развития популяции в следующем сезоне. Поскольку традиционно сбор цист проходит на берегу водоема, их промысел не оказывает исчерпывающего влияния на запасы бентосных цист [151].

Основной проблемой при заготовке цист выступает то, что цисты могут подвергаться повторяющимся циклам гидратации: набухание при впитывании воды); и дегидратации: обезвоживание цист при большой концентрации соли и под воздействием солнечной радиации до сжатия хориона и появления мениска – вмятины [430]. Чем больше цисты проходят циклы гидратации и дегидратации, тем больше вероятность разрыва оболочки цист, что может привести к сбору большого количества пустых оболочек цист при их заготовке [244]. Стоит отметить, что, чем дольше цисты находятся на береговой линии, тем вероятнее чередование циклов гидратации и дегидратации [319].

Сбор наиболее чистого сырья возможен с водной поверхности (73-75 %), в то время как чистота сырья на береговой линии после умеренного волнения может достигать 49,3 %. Наименее эффективен сбор цист после штормового волнения. В этом случае чистота сырья, скопившегося на береговой линии, уменьшается до 19 % [241].

Для аквакультуры наибольший интерес представляют зимние (диапаузирующие) цисты, их заготовкой занимаются примерно с середины июля до ноября.

Сбор и переработка цист обычно осуществляется коммерческим поставщиком сырья и имеют большую вариабельность. Это обосновано потребностью в повышении выклева науплиусов из цист.

Процедуру сбора и переработки цист разработали бельгийские ученые П. Соржелос, П. Лавенс, Ф. Леже и др. Согласно их методике, сбор цист производят из рапы водоема с помощью барьеров, расположенных перпендикулярно направлению ветра. Далее цисты очищают от песка, мусора и т.д. Для достижения наиболее высокого выклева науплиусов необходимо провести сушку цист с помощью сушилки (влажность цист должна быть не более 5 %). Хранение цист производится под вакуумом или азотом [429].

Процедура сбора и переработки цист, разработанная бельгийскими исследователями, была апробирована в Республике Бангладеш и выглядела следующим образом [466]:

1. Установить простые волнорезы с подветренной стороны водоема. Цисты для сбора урожая накапливаются в них до нескольких раз в день.

2. Цисты собирают с помощью сети с двойным сито из мельничного газа: наверху сеть с ячейей 1 мм для недопущения попадания взрослых рачков и крупных частиц песка, мусора и др.; снизу сито с ячейей 120 мкм для удержания цист.

3. Содержимое нижнего сита следует промыть, используя воду из водоема и отжать.

4. Подготовить емкость для хранения биомассы цист. Она должна находиться в закрытом сухом помещении. Емкость заполняют рассолом при концентрации NaCl в размере

330 г/л, далее в нее можно размещать промытые и отжатые цисты, после добавления цист емкость необходимо закрыть крышкой.

5. При дальнейшем добавлении цист в ту же емкость необходимо следить за постоянным перемешиванием цист для обеспечения однородной дегидратации, а также за стабильной концентрацией соли. При соблюдении всех условий цисты могут храниться в таком состоянии до нескольких недель.

6. Перед отправкой на перерабатывающее предприятие цисты необходимо промыть в новой порции рассола. Далее их собирают в мешок из мельничного газа с размером ячеей 120 мкм и отжимают из него соленую воду. Дегидратированные цисты готовы к герметичной упаковке в пластиковые пакеты и транспортировке на перерабатывающее предприятие.

Российские ученые также разрабатывали собственные способы переработки цист. Рассмотрим некоторые из них. Методика промышленной переработки цист, разработанная Л.В. Спекторовой, включает в себя следующие этапы [244]:

1. Собранные в водоеме цисты необходимо суспендировать в насыщенном растворе соли (кристаллы должны находиться на дне емкости), емкость закрыть крышкой. Цисты в таком состоянии должны находиться не менее 24 ч, однако срок хранения суспендированных цист может достигать до нескольких недель. Плавающие цисты нужно собрать в нейлоновый мешок с размером ячеей 150 мкм и отжать. Далее цисты хранить только в морозильной камере.

2. Цисты отмыть от соли, суспендировать в пресной холодной воде, разбивая комочки с помощью перемешивания. После 10-15 минут перемешивания полные цисты будут находиться на дне емкости.

3. Удалить скорлупу, находящуюся сверху емкости. Собрать со дна диапазирующие яйца и поместить их в нейлоновый или хлопчатобумажный мешок с размером ячеей 150 мкм, далее отжать.

4. С помощью теплого воздуха цисты переходят во взвешенное состояние, поэтому цисты следует просушить в сушилке в течение 30-40 минут. Влажность воздуха, используемого в процессе сушки, должна быть не более 80 %, а температура находиться в диапазоне от 25 до 38 °С. Скорость воздушного потока необходимо постепенно уменьшать, чтобы цисты на протяжении всего процесса находились во взвешенном состоянии. Сушку стоит проводить пока влажность цист не будет ниже 10 %. Однако наиболее эффективные значения влажности цист после сушки составляют 2-5 %.

При доскональном соблюдении все этапов переработки можно добиться отсутствия комков и наличия сыпучей консистенции.

Также известен способ заготовки цист, разработанный А.Ф. Кнорр, Г.А Царева., С.С. Ли и другими исследователями [129]:

1. Сбор цист производят с поверхности рапы водоема с помощью мешков, носилок и сачков, далее применяют соленую промывку (промывают цисты отфильтрованной рапой, идентичной среде обитания артемии).

2. Если необходимой чистоты цист с помощью соленой промывки добиться не удалось, то есть имеются цисты без хориона и/или остатки биомассы, проводят обработку цист в рапе с помощью аскорбата натрия. Концентрация аскорбата натрия в рапе может достигать от 0,2 до 1,8 % массовых частей (дальнейшее повышение концентрации аскорбата натрия вызывает повышенный отход цист). Цисты в полученном растворе выдерживают в течение часа.

3. Далее происходит процесс температурной активации цист, который включает в себя хранение цист на протяжении 60-80 сут. при температуре от -4 до -10 °С.

4. По окончании срока, необходимого для выведения цист из состояния покоя, осуществляют промывку цист пресной водой.

5. Сушка цист происходит до достижения 8 % влажности при температуре, не превышающей 35 °С.

6. Хранение цист осуществляют в сухом помещении при поддержании температуры 0-4 °С.

При длительном хранении цист (как декапсулированных, так и недекапсулированных) необходимо принять меры предосторожности для поддержания максимальной энергетической ценности и эффективности выклева науплиусов. Выклев науплиусов во многом определяется условиями и методами, применяемыми при заготовке, очистке, сушке и хранении.

При хранении цист на открытом воздухе начинается процесс гидратации, в дальнейшем это может привести к разрыву оболочек [116].

Качество выклева хранящихся цист медленно снижается, когда уровень влажность цист составляет 10-35 %. Однако этот процесс можно замедлить, если хранить цисты замороженными или охлажденными. Даже правильно упакованные дегидратированные цисты сохраняют свою жизнеспособность только при хранении в сухом месте и при температуре не выше +4 °С, так как более высокие температуры могут снизить качество цист. Замороженные цисты должны акклиматизироваться в течение одной недели при комнатной температуре перед инкубацией.

Правильно упакованные резервуары с цистами можно как замораживать, так и хранить при комнатной температуре. При соблюдении необходимых условий цисты могут храниться 2-3 года.

## 8.2 Методы инкубации цист артемии

Для получения науплиусов артемии можно использовать цисты сибирских популяций с порошкообразным активатором (пероксид мочевины –  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$ ). Влажность сухих цист не превышает 6-8 %; массовая доля скорлупы – менее 2 %; массовая доля примесей – менее 0,01 %. Отношение сухого веса цист к сырой массе рачков – 1:2,5.

Цисты артемии инкубируют по стандартной методике [429; 116]. Для инкубации помимо морской или пресной воды с добавлением NaCl можно использовать геотермальную воду с естественной минерализацией 4-7 ‰ (табл. 40) [271].

Таблица 40. Условия инкубации цист артемии различных популяций по данным различных авторов

Показатели	<i>A. franciscana</i> [429]	<i>A. urmiana</i> [429]	<i>A. parthenogenetica</i> [116; 271]
Освещенность, лк	2000	2000	2000
Температура, °С	26-30	26-30	26-28
Кислород, мг/л	> 4	> 4	> 4
NaHCO <sub>3</sub> , г/л	0,5	0,5	<b>2,0</b>
Соленость, ‰	25-35	35	<b>5-7*; 20**</b>
Ph	8,0-9,0	8,0-9,0	<b>7,0-8,0</b>
Цисты, г/л	4	2	<b>2-10</b>

Примечание: \* Использование слабоминерализованных подземных вод

\*\* Использование пресной воды

В производственных условиях цисты инкубируют в конусовидных аппаратах из оргстекла или пластика объемом 150-210 м<sup>3</sup> каждый (рис. 138).



А



Б

Рис. 138 А, Б – Инкубация цист артемии на рыбоводных предприятиях Сибири

Используемая для инкубации цист артемии геотермальная вода относится к разряду слабуминерализованных – сумма ионов от 4,34 до 7,18 г/дм<sup>3</sup> (табл. 41).

Таблица 41. Гидрохимический состав воды, используемой для инкубации цист артемии, из геотермальных и пресных водоисточников Тюменской области

№ п/п	Наименование компонентов	Единица измерения	Результаты исследования				
			Пресная вода			Геотермальная вода, скважина	
			Озеро Волково	Река Балда	р. Тура	№ 1, глубина 1,2 км	№ 2, глубина 1,4 км
1	рН	ед. рН	7,46±0,10	7,91±0,10	6,92±0,10	7,96±0,10	7,74±0,10
2	Азот аммонийный	мг/дм <sup>3</sup>	0,24±0,08	0,41±0,14	1,67±0,35	2,84±0,6	3,07±0,65
3	Азот нитритный	мг/дм <sup>3</sup>	0,016±0,004	0,014±0,004	0,09±0,01	<0,006	<0,006
4	Азот нитратный	мг/дм <sup>3</sup>	<0,10	<0,10	0,83±0,15	<0,10	<0,10
5	Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	0,10±0,03	2,58±0,39	0,30±0,05	0,27±0,08	0,83±0,25
6	Фосфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	0,07±0,01	0,31±0,05	1,46±0,15	0,05±0,01	<0,05
7	Окисляемость перманганатная	мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	7,99±1,6	9,98±2,0	4,40±0,15	<0,25	<0,25
9	Жесткость общая	ммоль/дм <sup>3</sup> экв.	2,30±0,12	1,70±0,09	4,80±0,24	3,25±0,16	9,5±0,5
10	Гидрокарбонат	мг/дм <sup>3</sup>	140,35±0,78	122,04±8,71	280,69±17,43	488,16±28,85	335,61±20,46
11.	Кальций	мг/дм <sup>3</sup>	34,07±2,35	22,04±1,59	64,13±4,24	36,07±2,47	114,23±7,40
12	Магний	мг/дм <sup>3</sup>	7,30	7,30	19,46	17,63	46,21
13	Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	5,48±1,37	15,51±5,15	10,95±2,74	80,31±9,94	159,70±15,82
14	Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	19,14±2,87	141,80±5,67	17,73±2,66	2127,0±8,51	3899,50±15,6
15	Na+K	мг/дм <sup>3</sup>	16,35	115,58	13,20	1594,08	2623,92
16	Цветность	град.	20,0±4,60	70,0±8,6	5,0±3,4	<5,0	23,0±4,48
17	Прозрачность	см	>30,0	-	>30,0	>30,0	>30,0
18	Взвеш. вещ-ва	мг/дм <sup>3</sup>	-	13,4±4,0	-	<5,0	47,8±4,0
19	<b>Сумма ионов</b>	мг/дм <sup>3</sup>	<b>222,69</b>	<b>424,27</b>	<b>406,17</b>	<b>4343,25</b>	<b>7179,17</b>

В термальной воде из обоих источников отмечено низкое содержание легкоокисляющихся органических веществ. Активная реакция среды рН – слабощелочная (7,74-7,96). По величине общей жесткости вода из скважины ТРП «мягкая», практически такой же жесткости, как и речная (3,25±0,16 ммоль/дм<sup>3</sup> экв.), на глубине 1,4 км она относится к классу «умеренно-жестких вод» (9,5±0,5 ммоль/дм<sup>3</sup> экв.) [137]. Для термальной воды из этой скважины характерно отсутствие нитратов N/NO<sub>3</sub>; для термальных вод с глубины 1,2 км их

количество колебалось от 0,01 до 0,65 мгN/дм<sup>3</sup>. Следует отметить высокое содержание сульфатов и железа в минерализованной воде скважины № 2: их количество в 2 и 3 раза превышало этот показатель в термальной воде скважины № 1 – по сульфатам 159,70±15,82 мг/дм<sup>3</sup> и 80,31±9,94 мг/дм<sup>3</sup>; по железу – 0,83±0,25 и 0,27±0,08 мг/дм<sup>3</sup>, соответственно.

Выход науплиусов как при инкубации в речной воде (фоновая сумма ионов 424 мг/дм<sup>3</sup>) с добавлением NaCl (20 г/дм<sup>3</sup>), так и в геотермальной через 24 часа составил более 70 % рачков (72,3 и 71,8 % соответственно).

Поскольку одним из способов оптимизации получения живых кормов в производственных масштабах является увеличение нормы загрузки сухих цист на единицу площади, количество загружаемых в аппарат сухих активированных цист можно увеличить до 10-12 г/л вместо 2-4 г/л, рекомендованных в литературе. Опытные работы показали, что при плотности цист 10 г/дм<sup>3</sup> инкубация происходит не менее успешно, чем при рекомендованном количестве 2 г/дм<sup>3</sup> [429]. Выход науплиусов артемии при такой плотности составляет в среднем 86,90±0,80 % с колебаниями от 83,17 до 88,75 % (CV = 2,24 %). Увеличение количества цист на единицу площади (до 14; 16; 18; 20 г/дм<sup>3</sup>) приводит к статистически достоверному ( $P < 0,001$ ) снижению выхода рачков: при 14 г/дм<sup>3</sup> он снижается до 79,46±2,02 %, при 16 г/дм<sup>3</sup> – до 69,75±0,55 %, при 20 г/дм<sup>3</sup> его значения уменьшаются в 1,8 раз от оптимального – до 48,75±1,05 % (рис. 139). При плотности цист более 14 г/л появляются трудности в поддержании высокого уровня содержания растворенного в воде кислорода без пенообразования и механического повреждения выплывшихся науплиусов [271].

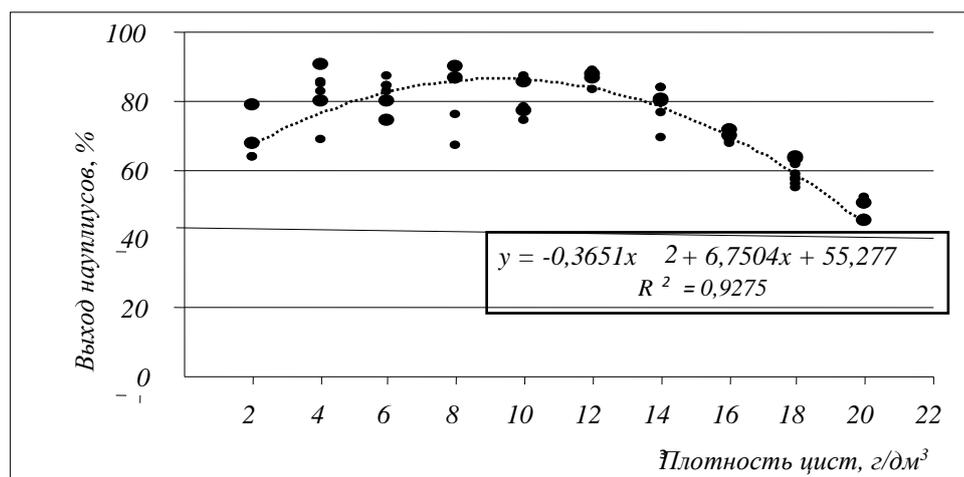


Рис. 139. Динамика выхода науплиусов артемии (%) в зависимости от плотности сухих цист

Биотехнологические нормативы, применяемые при инкубации цист артемии, представлены в табл. 42.

Таблица 42. Биотехнологические нормативы, используемые при инкубации науплиусов артемии [116; 271]

Наименование показателей	Единица	Показатели
Величина кормового коэффициента артемии	кг/кг	4,0-1,5*
Гидратация сухих цист в пресной воде при 17-19	мин.	75**
Концентрация раствора перекиси водорода	%	3***
Концентрация NaCl	г/л	4-7**** ; 20-35
Концентрация NaHCO <sub>3</sub>	г/л	2
Емкость аппаратов для инкубации цист	л	150
Рабочий объем раствора	л	100
Закладка цист на инкубацию	г/л	5-7
Длительность инкубации	ч	24-32*
Температура раствора при инкубации	°С	26-28
Соотношение сухого веса цист к массе	кг/кг	1:2-1:3
Суточный съём продукции науплиусов	г/л	15,0*

Примечание:

\*временные нормативы, применяемые на рыбоводных предприятиях Тюменской области, ХМАО, ЯНАО, Красноярского края;

\*\* сухие цисты артемии гидратировали до 2008 г.;

\*\*\*перекись водорода для активации цист использовали до 2009 г.; с 2009 г. применяли сухие цисты с активатором

\*\*\*\*инкубация в геотермальной воде

#### *Методические рекомендации по съёму науплиусов*

1. Отключить аэрацию. Через 3-5 минут с помощью плоского газового сачка аккуратно снять верхний слой пустых оболочек.
2. Подготовить эмалированные (пластиковые) тазы со светлой внутренней поверхностью; залить их на 1/3 пресной водой (температура не более 17-19 °С).
3. Подготовить садок (сачок) из мельничного газа для сбора науплиусов; установить его в сливную емкость.
4. Открыть боковой сливной кран.

### **8.3 Методы обогащения науплиусов артемии**

За основу *метода обогащения* науплиусов артемии взята усовершенствованная разработка специалистов Артемиевого Реферативного центра (Гентский университет; Бельгия)

[429]. Для обогащения метанауплиусов и хранения инкапсулированных рачков применяют те же емкости, что и для инкубации цист.

Для биоинкапсуляции в солевой раствор ( $\text{NaCl}$  – 20-25 г/л; температура воды – 19-20 °С) вносят культуру науплиусов на второй науплиальной стадии, предварительно проинкубированных при температуре 26-28 °С в течение 24 ч. Плотность загрузки науплиусов в аппарат – 200-300 шт./мл. Далее в раствор с рачками добавляют эмульсии растительных масел, взбитых миксером в течение 40-60 секунд до мелкодисперсионного состояния, из расчета 0,4-0,5 г/дм<sup>3</sup>. Для обогащения используют масло зародышей пшеницы, подсолнечное, льняное, препарат «Арфит» и гаприн. Можно применять комплексы – льняное масло или зародышей пшеницы, раствор витаминов «ТРИОВИТ» (А, Д<sub>3</sub>, Е), в состав которого входят ретинолацетат (А) (30000 МЕ/мл), холекальциферол (Д<sub>3</sub>) (40000 МЕ/мл) и альфа-токоферол-ацетат (Е) (20 мг/мл) – 0,3 мг/дм<sup>3</sup>; пробиотик «Наринэ Форте» (ацидофильное молоко) – 20 капель/дм<sup>3</sup> (рис. 140).



Рис. 140. Препараты для обогащения науплиусов артемии: А - Масла растительного происхождения; Б - пробиотики («Наринэ Форте»); В – «Арфит»; Г – Гаприн

Подбор масел растительного происхождения осуществляют по высокому содержанию в них линолевой ( $\omega$ 3), линоленовой ( $\omega$ 6) и олеиновой ( $\omega$ 9) кислот и по выживаемости рачков в период 12-ти часового обогащения и после него при температуре водной среды 20°С (табл. 43).

Таблица 43. Растительные масла, используемые для обогащения науплиусов артемии

№ п/п	Наименование масла	ВНЖК, % [46]			
		$\omega$ -3	$\omega$ -6	$\omega$ -9	Всего
1	Льняное масло	60	20	10	90
2	Подсолнечное масло	1	71	16	88
3	Масло зародышей пшеницы	10	52	21	83

Через 6 ч после первого внесения эмульсий проводят повторное обогащение науплиусов. Через 6-8 ч после вторичной биоинкапсуляции (возраст науплиусов – 36-38 часов) артемий многократно промывают в пресной воде и хранят в слабосоленом растворе (5 г/дм<sup>3</sup>) при температуре 13–15 °С. Период хранения рачков – не более суток. Постоянную аэрацию воды обеспечивают при помощи многоканальных компрессоров для аквариумов марки ЕНЕИМ-100. Среднее значение растворенного в воде кислорода должно составлять 6-7 мг/л.

Следует отметить, что в отличие от растительных масел оптимальная концентрация гаприна в питательной среде составила 0,9 г/л. Выживаемость рачков в обогащающем растворе с содержанием гаприна 0,9 г/л, в среднем, была в 5,5 раз выше, чем в питательной среде с концентрацией гаприна 0,4 г/л.

Для приготовления обогащенных живых кормов требуется соблюдать определенный биотехнологический режим (табл. 44).

Таблица 44. Оптимальные условия для обогащения рачков артемии (*A. parthenogenetica*)

Показатель	Ед. измерения	Величина
Температура	°С	19-20
Кислород	мг/дм <sup>3</sup>	> 6
рН	ед.	7,0-8,0
Соленость	‰	15-20
Количество науплиусов	шт./мл	200-300
Возраст науплиусов до обогащения	ч	24-26
Возраст науплиусов после обогащения	ч	36-38
Период обогащения	ч	12
Промежуток времени между внесением	ч	6
Количество обогащений	раз	2
Аэрация	в течение всего периода обогащения	

Для обогащения использовали экспериментальную самодельную установку, состоящую из пластиковых резервуаров объемом 1,5 л (рабочий объем 1 л), установленных в каркас (стеклянные аквариумы объемом 20 л) и помещенных в водную среду при температуре 19-22°С. Постоянную аэрацию обеспечивали с помощью многоканальных компрессоров. Содержание растворенного в воде кислорода не допускали ниже значения 4 мг/л [295].

Приготовление питательной смеси осуществляли с помощью электрического бытового миксера путем доведения ее до мелкодисперсного состояния. Наглядно экспериментальная установка и процесс приготовления питательной смеси представлены на рис. 141 и 142.

Для обогащения живых кормов в солевой раствор (в количестве  $15 \text{ г/дм}^3$ ) вносили рачков второй метанауплиальной стадии развития. Далее в раствор с метанауплиусами артемии добавляли гаприн, растительные масла и премиксы, взбитые в воде до мелкодисперсного состояния. Обогащение проходило в два этапа. Первое – при закладке рачков в питательную среду, второе – через 6 ч после закладки. Подсчет выхода рачков осуществляли через 6 ч после последнего обогащения. Каждый вариант обогащения имел по 3-6 повторностей.



Рис. 141. Приготовление питательной смеси (А) для обогащения науплиусов артемии на АО ЮРЗ (2020 г.), доведение смеси до мелкодисперсного состояния (Б)

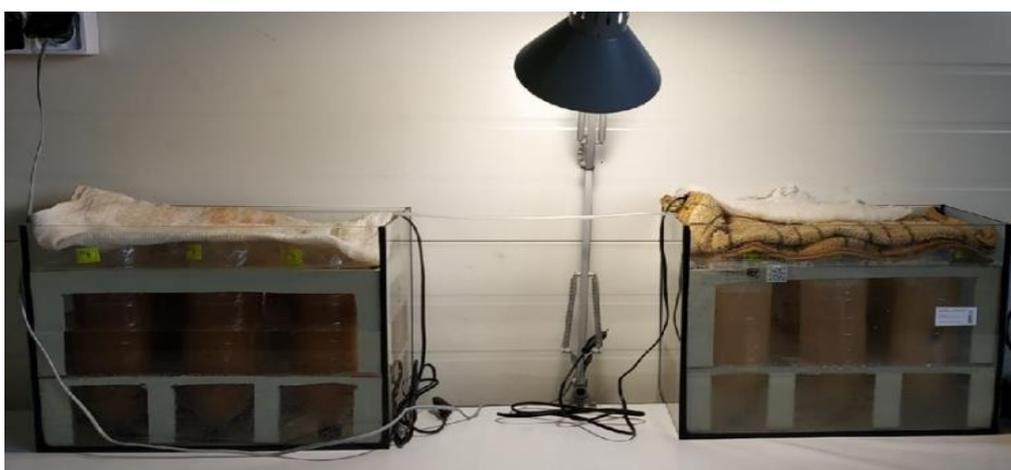


Рис. 142. Самодельная экспериментальная установка для обогащения науплиусов артемии (АО ЮРЗ, 2020 г.)

При обогащении науплиусов артемии гаприном и ВНЖК было выяснено, что однократное обогащение рачков гаприном в концентрации  $0,4 \text{ г/л}$  мало эффективно

(элиминация достигла 91,9 %). В среднем, выживаемость науплиусов в опытных аппаратах при использовании двухразового обогащения была в 3 раза выше, чем в аппаратах, где обогащающие компоненты вносили один раз – 92,9 и 29,2 % соответственно.

При подборе дозировок была определена оптимальная концентрация гаприна в питательной среде, она составила 0,9 г/л. Выживаемость науплиусов в обогащающем растворе с содержанием гаприна 0,9 г/л, в среднем, была в 5,5 раз выше, чем в питательной среде с концентрацией гаприна 0,4 г/л (табл. 45).

Таблица 45. Режимы обогащения и выживаемость рачков в лабораторных условиях (АО ЮРЗ, 2020 г.)

Обогащение, № варианта	Использованные препараты при первом обогащении, г/л			Использованные препараты при втором обогащении, г/л			Выживаемость науплиусов артемии, %
	гаприн	льняное масло	Арфит	гаприн	льняное масло	Арфит	
1	0,4	-	-	-	-	-	8,1
2	0,9	-	-	-	-	-	50,7
3	0,4	-	0,8	-	-	-	14,4
4	0,9	-	0,8	-	-	-	26,5
<b>5</b>	<b>0,9</b>	-	-	<b>0,9</b>	-	-	<b>89,6</b>
6	-	-	0,8	0,9	-	-	25,9
<b>7</b>	-	<b>0,6</b>	-	-	<b>0,6</b>	-	<b>95,5</b>
<b>8</b>	-	<b>0,6</b>	-	<b>0,9</b>	-	-	<b>92,3</b>
<b>9</b>	<b>0,9</b>	-	-	-	<b>0,6</b>	-	<b>94,1</b>
10	0,9	-	-	-	0,6	0,8	45,9

Использование льняного масла в концентрации 0,6 г/л и гаприна (0,9 г/л) при двукратном обогащении метанауплиусов артемии оказалось более целесообразным, чем применение препарата «Арфит» (0,8 г/л). Внесение в обогащающий раствор препарата «Арфит» привело к снижению выживаемости артемии, которая не превысила 50 %, когда добавление льняного масла способствовало повышению выживаемости рачков (92,3-95,5 %).

Полученные данные позволили предложить следующие временные рекомендации (табл. 46). В итоге, целесообразно двукратное 12-часовое обогащение науплиусов артемии гаприном в концентрации 0,9 г/л и льняным маслом (0,6 г/л).

*Учет массы* полученной продукции выполняют двумя способами: прямым взвешиванием или по численности и массе одного науплиуса. В первом случае науплиусов отжимают в газовом концентраторе и взвешивают вместе с сачком. При втором способе учитывают их количество в единице объема, затем во всем аппарате и умножают на массу одного науплиуса (0,01 мг).

Таблица 46. Временные рекомендации по обогащению метанауплиусов артемии гаприном и льняным маслом

№ п/п	Показатели	Значения
1	Обогащающий комплекс: гаприн / льняное масло, г/л	0,9 / 0,6
2	Продолжительность обогащения, ч	12
3	Количество обогащений, раз	2
4	Время внесения питательного компонента во второй раз	Через 6 ч после начала биоинкапсуляции
5	Содержание гаприна / льняного масла при повторном внесении, г/л	0,9 / 0,6
6	Выживаемость артемии после обогащения	≈93,2 %

*Изменение длины тела рачков после обогащения.* Увеличение длины обогащенных метанауплиусов артемии в зависимости от выбора растительных масел происходит в следующей последовательности: минимальные значения отмечены после воздействия льняного масла –  $0,71 \pm 0,02$  мм (CV=10,91 %), далее – подсолнечное масло ( $0,79 \pm 0,02$  мм; CV=11,62 %) и масло зародышей пшеницы –  $0,81 \pm 0,02$  мм (CV 10,42 %), что в 1,6 раз выше, чем у необогащенных рачков).

#### 8.4 Методы хранения живых науплиусов

Для хранения свежевыклюнувшихся науплиусов в производственных условиях следует использовать емкости объемом не менее 150-250 л, покрытые отражающим термоизоляционным фольгированным материалом, например, «Изодом 1x25x10». Условия хранения следующие:

- температура солевого раствора при хранении рачков – менее 12-15 °С;
- количество поваренной соли – 10 г/дм<sup>3</sup>;
- аэрация не должна быть сильной;
- дополнительного освещения не требуется.

Период хранения живых рачков – не более 24 часов. При снижении температуры воды до 2-3 °С возможно увеличить продолжительность жизни науплиусов до 36-48 часов.

#### 8.5 Методы кормления личинок осетровых рыб науплиусами артемии

В первые два дня науплиусов артемии вносили 8 раз в сутки через каждые 3 часа, суточная норма составила 10 % от массы тела личинок. На третьи и последующие сутки

кормление осуществляли каждый час по отработанной схеме: на третьи сутки – 20 %, на четвертые – 50 %, на пятые сутки – 75 %, на шестые и последующие – 100 % от массы тела личинок.

#### 8.5.1 Методы кормления личинок осетровых рыб науплиусами, обогащенными питательными смесями

##### 8.5.1.1 Условия выдерживания и подращивания личинок осетровых при кормлении обогащенными науплиусами артемии

При выращивании личинок осетровых (до наступления малькового периода) необходимо соблюдать следующие условия содержания (табл. 47), плотность посадки в бассейны составляла при этом 5 тыс. экз./м<sup>2</sup>.

Таблица 47. Условия выдерживания и подращивания личинок осетровых в бассейнах при кормлении обогащенными науплиусами артемии

Период	Сутки	Т, °С		О <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>		рН	Плотность посадки личинок, тыс.экз./м <sup>2</sup>	Уровень воды, см	Расход воды, л/мин
		Интервал	Среднее	Интервал	Среднее				
Выдерживание	5-6	16,1-18,1	17,4	7,8-9,5	8,5	7-8	5,0-5,5	15	5,9
Подращивание	6-9	17,5-19,2	18,0	7,6-9,2	8,0	7-8	5,0	20	6,3
	10-13	18,4-20,0	19,6	7,2-9,0	7,8	7-8	4,0	22	6,6
	14-21	19,4-22,1	20,8	6,8-8,5	7,5	7-8	3,0	25	8,3

Плотность посадки однодневных личинок при выдерживании - 5,0-5,5 тыс. экз./м<sup>2</sup>; при подращивании - от 5 тыс. экз./м<sup>2</sup> (в начале подращивания) до 3 тыс. экз./м<sup>2</sup>. Средняя масса предличинок стерляди при посадке - 8,0±0,5 мг, длина - 8,5±0,9 мм; осетра – 14,0±0,2 мг; длина – 14,2±0,3 мм.

Расход воды во время выдерживания необходимо сохранять на уровне 5,9 л/мин; в течение подращивания его рекомендуется увеличить до 6,3-8,3 л/мин. Содержание растворенного в воде кислорода не должно опускаться ниже 7,8 мг/дм<sup>3</sup>.

Период эндогенного питания при температуре 17,4 °С с колебаниями от 16,1 до 18,1 °С занимает в среднем 5-6 суток. Внесение живого корма свободным эмбрионам, вставшим на плав, начинают за двое суток до перехода на активное питание (после распада «роев») до выброса пигментной пробки с целью выработки положительной пищевой реакции [140] (рис.143А). Количество кормлений – 4 раза в сутки (1-е сутки). Когда у первых 5-8 % особей редуцируется перегородка между глоткой и пищеводом, корм вносят 6 раз в сутки (2-е сутки внесения корма). На третьи и последующие сутки кормление осуществляют каждый час по

схеме: 3-е сутки – 20 %, 4-е – 50 %, 5-е сутки – 75 %, 6-е и последующие – 100 % от массы тела личинок (рис. 143Б).

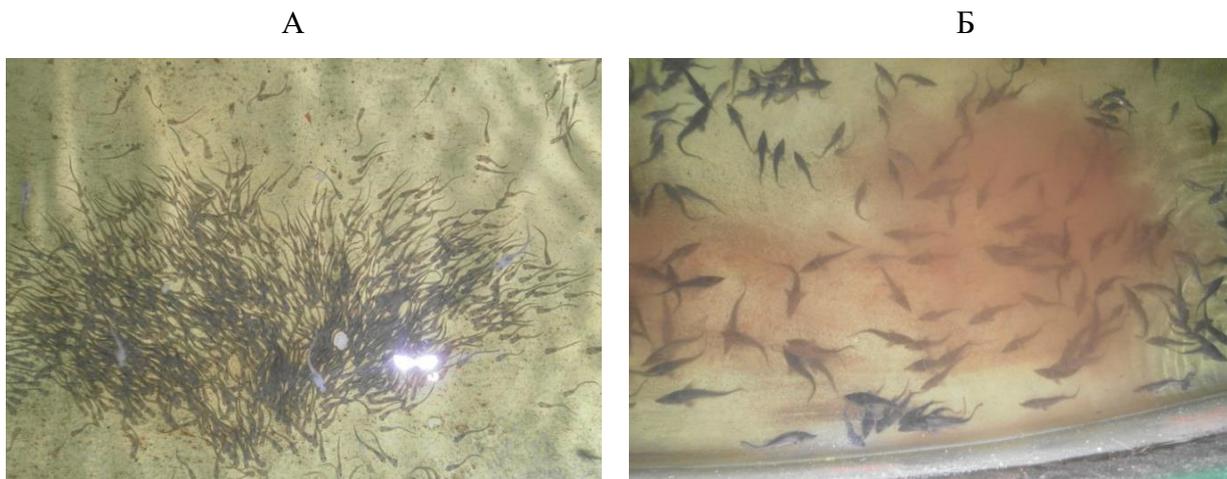


Рис.143. Личинки и молодь сибирского осетра: А - «Роение» предличинок сибирского осетра; Б - Кормление молоди осетра науплиусами артемии в конце подращивания

В первые 3-4 суток перехода личинок на активное питание для кормления осетровых можно использовать небогатых рачков, обладающих меньшими размерами по сравнению с биоинкапсулированной артемией, а далее переводить на обогащенный живой корм. После полного перехода личинок на питание живыми рачками (чаще всего, 6-7-е сутки кормления) осетровых можно кормить мороженными биоинкапсулированными науплиусами, что заметно облегчает процедуру приготовления обогащенных кормов.

Продолжительность кормления биоинкапсулированными рачками в зависимости от температуры воды и вида осетровых занимает 17-21 сутки: для сибирского осетра – 17-19 суток; стерляди – 19-21 сутки до массы молоди 400-500 мг (табл. 48). Следует отметить, что для достижения наибольшего результата в кормлении период использования обогащенных кормов (живых или замороженных) должен составлять не менее 2,5-3 недель [397]. В этот период во избежание высокого отхода рыбы проводить сортировку личинок не рекомендуется.

Перевод на стартовый искусственный корм (страны-производители Голландия, Дания и др.) осуществляют 7-10 суток (в зависимости от вида рыбы) при средней начальной массе личинок 500 мг до массы рыбы 1,0 г. Постепенный перевод подращенной молоди на искусственный корм при соблюдении биотехнологии подращивания, как правило, не сопровождается повышенным отходом мальков.

Рекомендации по кормлению небогащенными и обогащенными науплиусами артемии, переводу на искусственный корм и кормлению молоди до массы 5 г представлены в

табл. 49. Следует придерживаться соответствия размера задаваемых кормовых организмов или частиц (искусственный корм) массе подращиваемой молоди.

Таблица 48. Предварительные нормативы подращивания личинок осетровых (сибирский осетр, стерлядь) при использовании обогащенных науплиусов артемии

Показатели	Значение	
	сибирский осетр	стерлядь
Период подращивания личинок, сутки	17-20	19-25
Начальная масса личинок, мг	26	14
Масса личинок в конце подращивания, мг	500	500
Выживаемость в период подращивания, %	80	75-80
Вид живого корма	Обогащенные науплиусы артемии	
Размеры корма, мм (средняя длина обогащенных науплиусов)	0,8	
Суточная норма кормления, %	по поедаемости	
1-2 - е сутки	20	
3-и сутки	50	
4-е сутки	75	
5-е сутки	100	
6-е и последующие сутки		
Кратность кормления в сутки, разы		
1-е сутки	4	
2-е сутки	6	
3-и и последующие сутки	24	

Таблица 49. Рекомендации по кормлению живыми (необогащенные и обогащенные науплиусы артемии) и стартовыми искусственными кормами личинок и молоди осетровых (сибирский осетр, стерлядь)

Наименование корма	Размер корма, мм	Навеска рыбы, г				Белок/жир, %
		0,02-0,05	0,05-0,5	0,5-1,0	1,0-5,0	
Живые корма						
Необогащенные науплиусы	0,4					40/12
Обогащенные науплиусы *	0,8					66/17
Переход на стартовый искусственный корм						
Coppens Advance / Aller Futura EX	1,0-1,4					56/14
Стартовый искусственный корм						
Coppens Steco Pre /Aller Performa EX	1,6-2,4					56/15
* Варианты обогащенных науплиусов артемии: – подсолнечное масло; – масло зародышей пшеницы + «Триовит» + «Нарине-Форте»; – льняное масло + «Триовит» + «Нарине-Форте»						

#### 8.4.1.2 Рецептуры кормов, способы приготовления

Для кормления личинок осетровых видов рыб (сибирский осетр, стерлядь), начиная с периода перехода на активное питание, предлагаются три рецептуры обогащения стартовых живых кормов (науплиусы артемии сибирских популяций *A. parthenogenetica*) растительными маслами (подсолнечное, льняное, масло зародышей пшеницы), комплексом витаминов «Триовит» и пробиотиком «Наринэ-Форте» (табл. 50).

Таблица 50. Рецептуры и способ обогащения живых кормов (науплиусы артемии *A. parthenogenetica*)

Рецептура	Компоненты	Ед. изм.	Разовая дозировка	Способ приготовления
1	Подсолнечное масло	г/л	0,4 – 0,5	В 0,5 л солевого раствора технологической воды добавляют необходимые компоненты. С помощью миксера смесь взбивают в течении 2-3-х минут до мелкодисперсного состояния. Приготовленную эмульсию вносят дважды в основной раствор с науплиусами для 12-ти часовой биоинкапсуляции. Промежуток времени между первым и вторым внесением смеси в раствор с рачками – 6 часов. Обогащенных науплиусов промывают от продуктов метаболизма и помещают в слабосоленый раствор (Т <10 °С) или замораживают для последующего кормления личинок рыб.
2	Льняное масло	г/л	0,4 – 0,5	
	Витамины А, Дз, Е «Триовит»	мл/л	0,3 – 0,4	
3	Пробиотик «Наринэ-Форте» (ацидофилин)	мл/л	1,16	
	Масло зародышей пшеницы	г/л	0,4 – 0,5	
	Витамины А, Дз, Е «Триовит»	мл/л	0,3 – 0,4	
3	Пробиотик «Наринэ-Форте» (ацидофилин)	мл/л	1,16	

Основные показатели качества стартовых обогащенных живых кормов для кормления личинок осетровых видов рыб (сибирский осетр, стерлядь) представлены в табл. 51.

Таблица 51. Характеристика качества стартовых обогащенных живых кормов (науплиусы артемии *A. parthenogenetica*) для личинок осетровых видов рыб

Показатели	Рецептура		
	1	2	3
Выживаемость рачков, %	98	98	98
Длина тела рачка, мм	0,79	0,68	0,8
Протеин, % СВ	63	70	66
Жир, % СВ	23,9	18	19,2
Зола, % СВ	12	10	11,7
Калорийность, ккал/г	4,76	4,5	4,49
Содержание ω3, ω6 ВНЖК, %	7,04	6,01	6,58

## **БЛАГОДАРНОСТИ**

Искреннюю признательность выражаем сотрудникам лаборатории промышленных беспозвоночных Тюменского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»), которые принимали участие в сборе и обработке полевых материалов и в проведении экспериментальных работ, а также специалистам сектора гидрохимических исследований лаборатории рыбохозяйственной экологии за проведенные гидрохимические анализы.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Определитель бисексуальных и партеногенетических видов по морфологическим признакам самцов

Идентификация некоторых бисексуальных видов по самцам артемии по следующим ключам [479]:

1. Совокупительный орган без шиповидного выроста в базальной части; передние антенны с субцилиндрическим бугорком..... *Artemia salina*

2. Пенисы с шиповидным выростом в базальной части; передние бугорки антенн субшарообразные.....2

2. Базальный вырост пениса без концевых чешуевидных выступов на конце и с несколькими зубовидными выпуклостями, разбросанными по поверхности; лобные бугорки большие и слабо орнаментированные..... *Artemia persimilis*

-Чешуевидные, острые выступы, полностью покрывающие апикальный конец базального отростка пениса; маленькие, густо орнаментированные лобные бугорки с шипами и щетинками.....3

3. Брюшко пропорционально длинное, ветви фурки короткие, с небольшим количеством или вообще без перистых щетинок..... *Artemia urmiana*

-Брюшко пропорционально короткое, ветви фурки пушистые, с перистыми щетинками в количестве менее 15 .....4

4. Лобные бугорки крупные, с большим основанием; брюшные сегменты пропорционально широкие..... *Artemia monica* (= *A. franciscana*)

-Лобные бугорки маленькие, с небольшим основанием; брюшные сегменты пропорционально стройные.....*Artemia sinica*

*Artemia parthenogenetica* определяются по отсутствию самцов в пробах. Встречаемость самцов в сибирских популяциях [153], как правило, не превышает 3%, в редких случаях численность их достигала до 20%. Редкие самцы в партеногенетических популяциях имеют субсферические лобные бугорки на передних антеннах и шиповидный вырост в базальной части совокупительных органов [447].

## Определитель азиатских видов рода *Artemia* [312]

- 1а. Фурка (церкаподы) не редуцированные, с 9–20 щетинками; фронтальный бугорок субсферический при виде сверху; овисак с боковыми лопастями снизу.....2
- 1б. Фурка редуцированная, рудиментарная с 1–3 щетинками; фронтальный бугор субконический при виде сверху; овисак без боковых лопастей снизу.....*A. urmiana*
- 2а. Фронтальный бугорки с шипами, разделенными большей частью на расстояние, превышающее их длину более чем в 3 раза, а медиальная поверхность голая .....3
- 2б. Фронтальный бугорки с шипами в основном разделены на расстояние менее 3 раз, превышающих их длину, медиальная поверхность голая или шиповатая.....4
- 3а. Фронтальный бугорок с одиночными шипами, парами или тройками, равномерно расположенными по латеральной и дистальной поверхностям; овисак субтреугольный..... *A. sinica*
- 3б. Фронтальный бугорок сбоку с одинарным или парным шипом, на дистальной поверхности шипы парные или тройные; овисак субэллипсоидная.....*A. amati*
- 4а. Фронтальный бугорок с негладкой медиальной поверхностью.....5
- 4б. Фронт. бугорок посередине голый, боковая поверхность с равномерно разбросанными одиночными, парными или тройными шипами, дистальная поверхность в основном с одиночными шипами, реже парами или тройками; овисак треугольный..... *A. sorgeloosi*
- 5а. Фронтальный бугорок латерально с тройными шипами, дистомедиально с парными шипами, медиально с одиночными шипами; выводковая сумка субтреугольная.....*A. tibetiana*
- 5б. Фронтальный бугорок преимущественно с тройками шипов; выводковая сумка треугольная, с боковыми лопастями снизу.....*A. franciscana*

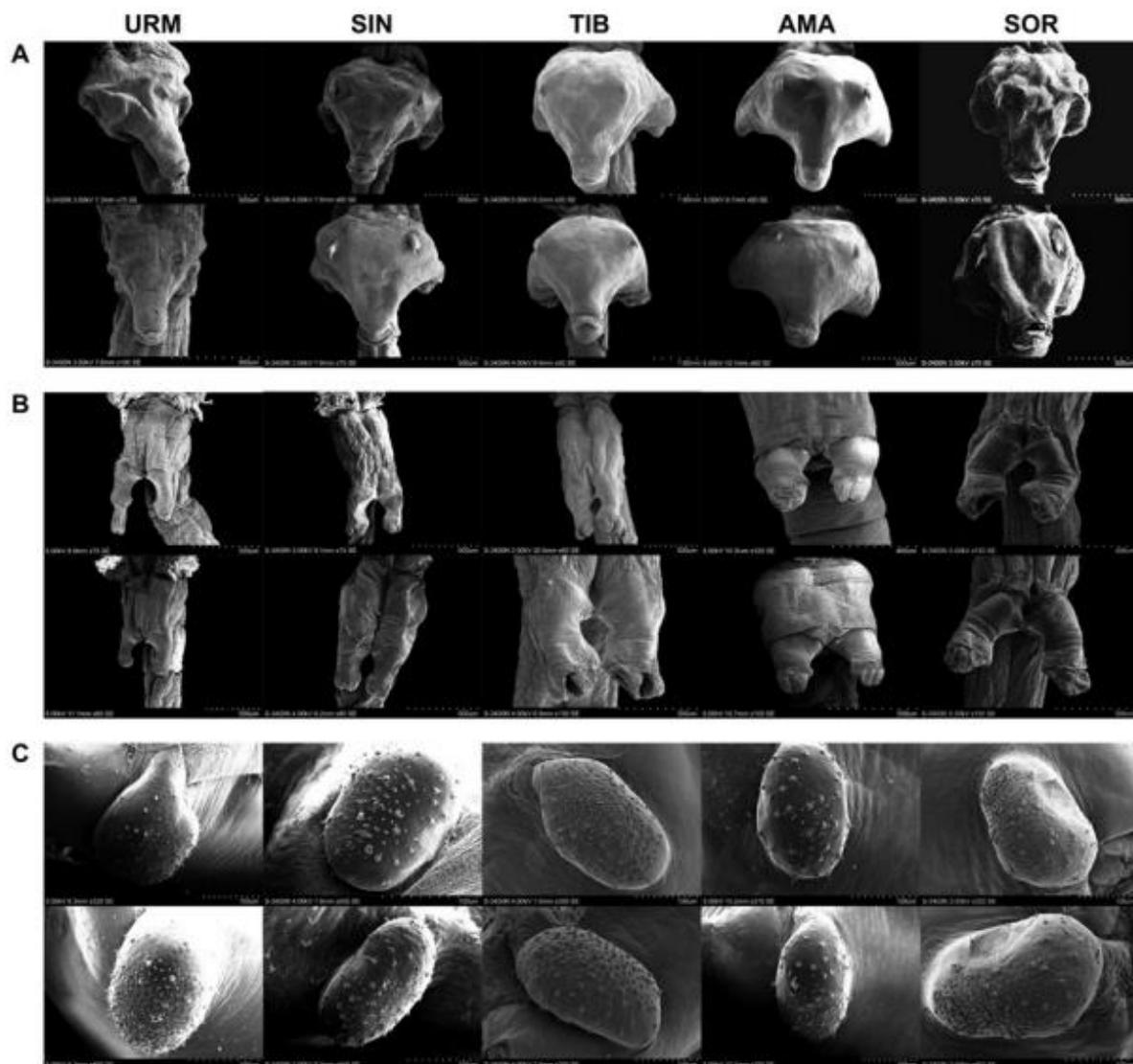


Рис. 15. СЭМ- фотографии азиатских видов артемий: URM - *A. urmiana*; SIN - *A. sinica*; TIB - *A. tibetiana*; AMA - *A. Amati*; SOR - *A. sorgeloosi*  
 А- выводковая сумка (овисак), вид снизу, В - гоноподы, вид снизу, С - фронтальные (лобные) выросты, вид спереди

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Электронные микрофотографии для видовой идентификации артемии

### 2.1 *Artemia parthenogenetica*

Электронные микрофотографии фронтального бугорка второй антенны редких самцов партеногенетических популяций артемии и шиповидного выступа на базальной части полового члена

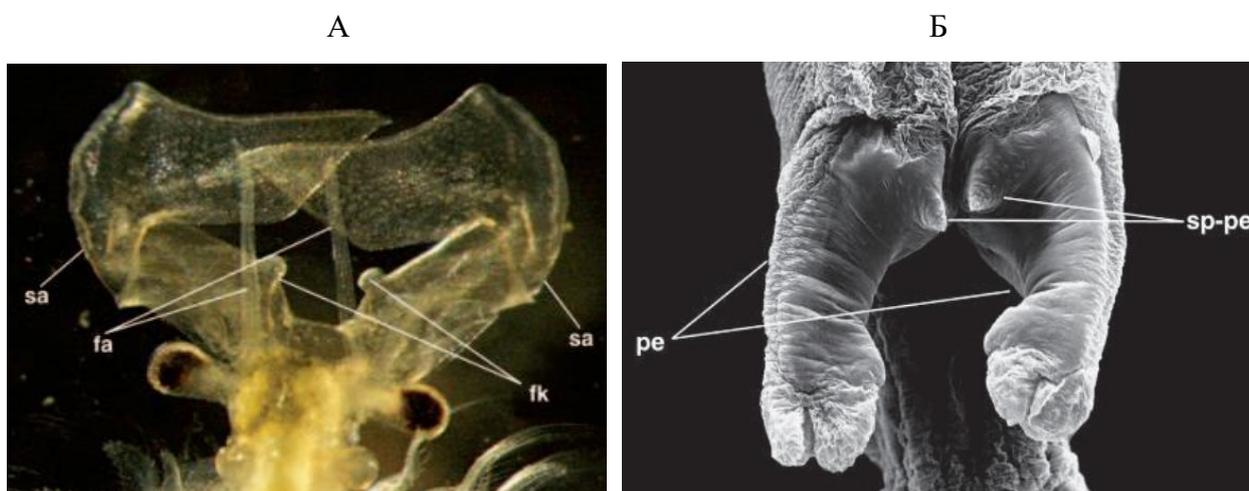


Рис.2.1.1 Изображение редких самцов *Artemia parthenogenetica*: А - голова с дорзальной стороны: sa- вторая антенна, fa – первая антенна, fk – фронтальный бугорок; Б – совокупительный орган: pe - гоноподы (пенисы), sp-pe – шиповидный вырост (по Asem, Sun, 2013[306])

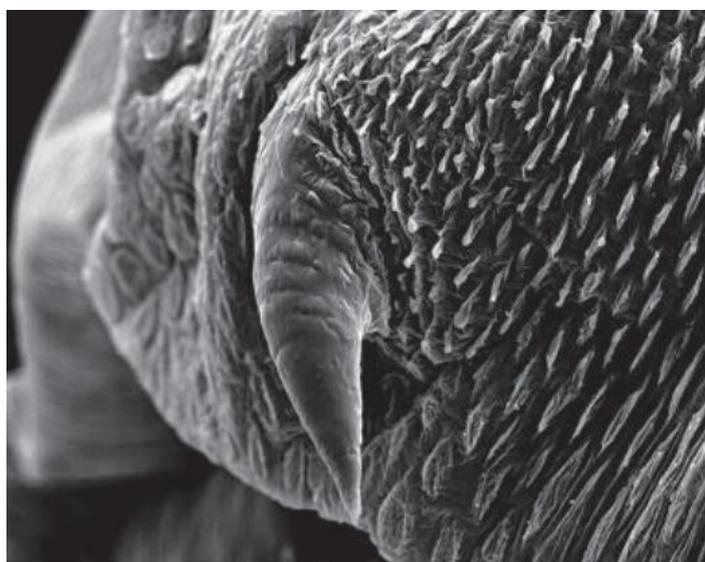


Рис. 2.1.2 Шиповидный вырост на овисаке самок *A. parthenogenetica* (по Asem, Sun, 2013[306])

## 2.2 *Artemia urmiana*

Бисексуальная артемия из оз. Кояшское (Крым), определенная как *Artemia urmiana*

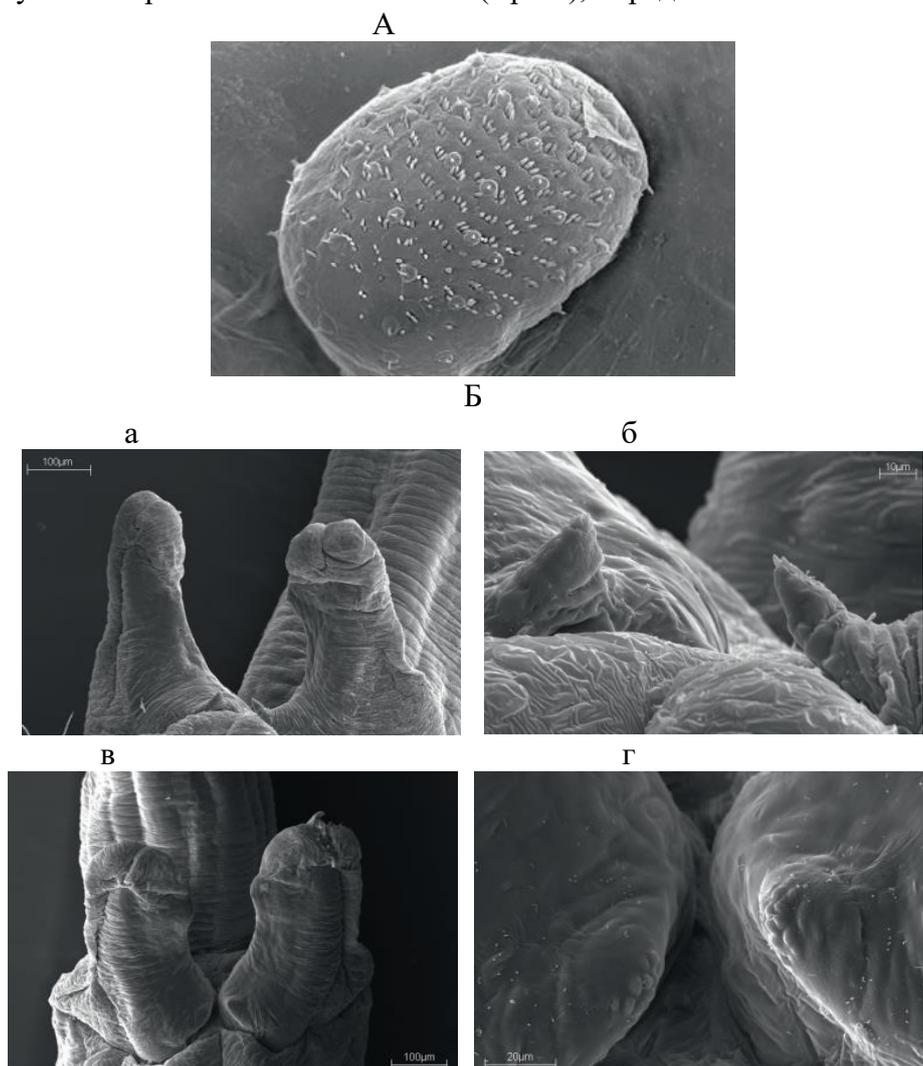


Рис. 2.2.1 Бисексуальная артемия из оз. Кояшское (Крым): А - Фронтальный бугорок самца 2-ой антенны (по Abatzopoulos et al., 2009); Б - пенис (а) и конические шиповидные выросты в их основании (б): а и б - образец 1; в и г – образец 2 (по Abatzopoulos et al., 2009 [291])

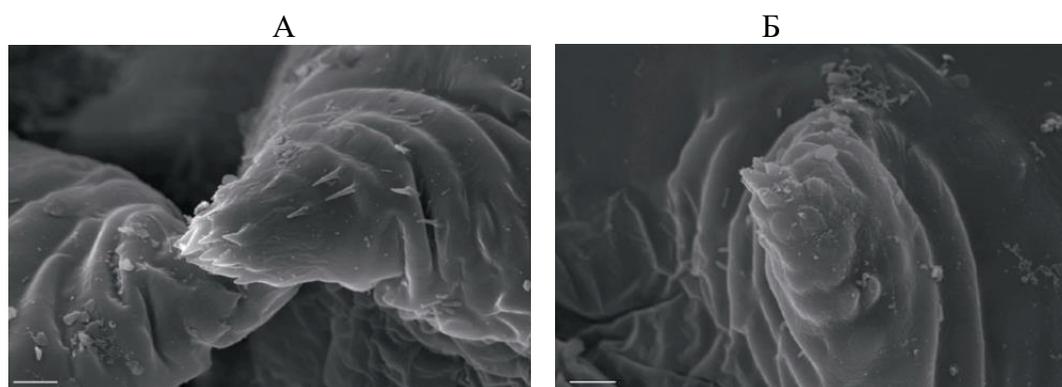


Рис. 2.2.2. *Artemia urmiana*, самец из озера Урмия. Два различных образца конических шиповидных выростов в основании пениса. Шкала: 5 мкм (по Abatzopoulos et al., 2009 [291])

### 2.3 *Artemia salina*

Фронтальные бугорки субклиновидной формы свойственны *A. salina*

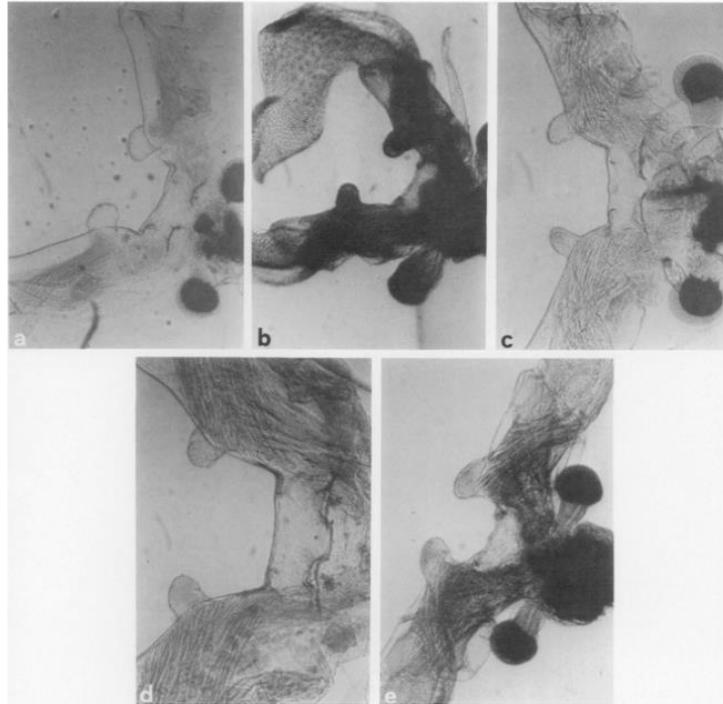


Рис. 2.3.1 Голова самцов артемии испанских популяций *Artemia salina* (по Mura et al., 1989 [444])

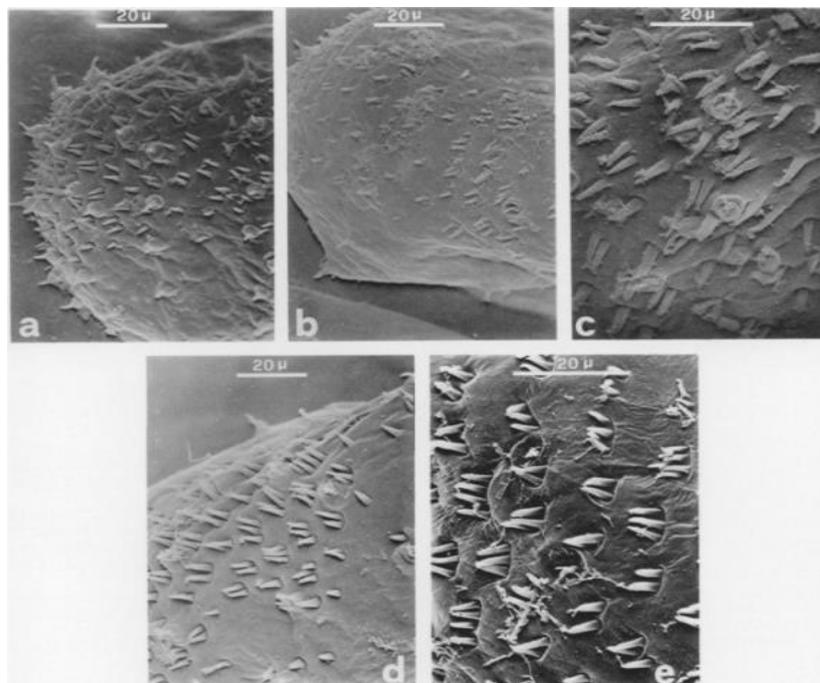


Рис. 2.3.2 Увеличенная часть фронтальных бугорков самцов артемии испанских популяций *Artemia salina* (по Mura et al., 1989 [444])

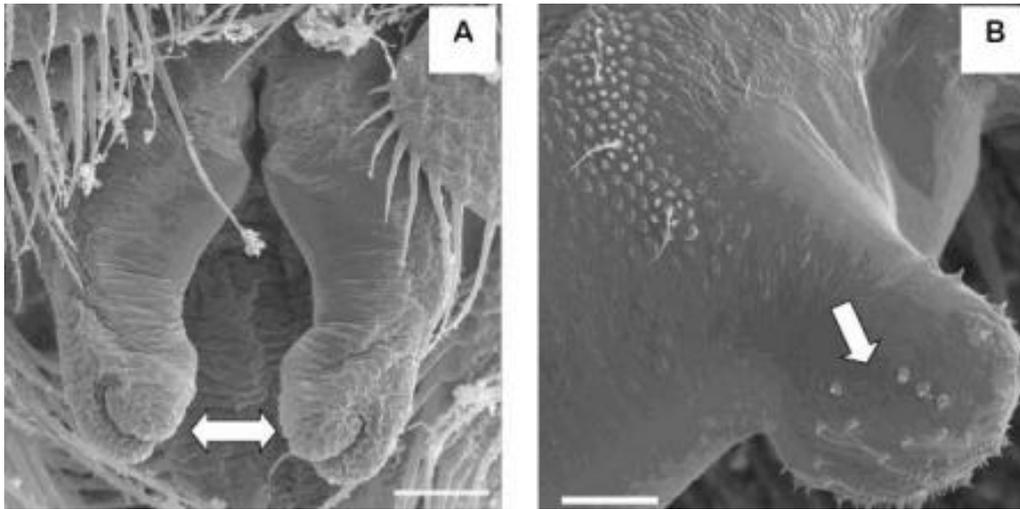


Рис. 2.3.3 Электронные микрофотографии самца *Artemia salina* (оз. Чотт Маруан, Алжир): (А)- пенис, лишенный шиповидного выроста (x 50); (В) - фронтальный вырост второй антенны субконической формы (x 200) (по Amarouayache, 2009 [298]; Kara, Amarouayache 2012 [395])

#### 2.4 *Artemia salina* и *Artemia parthenogenetica*

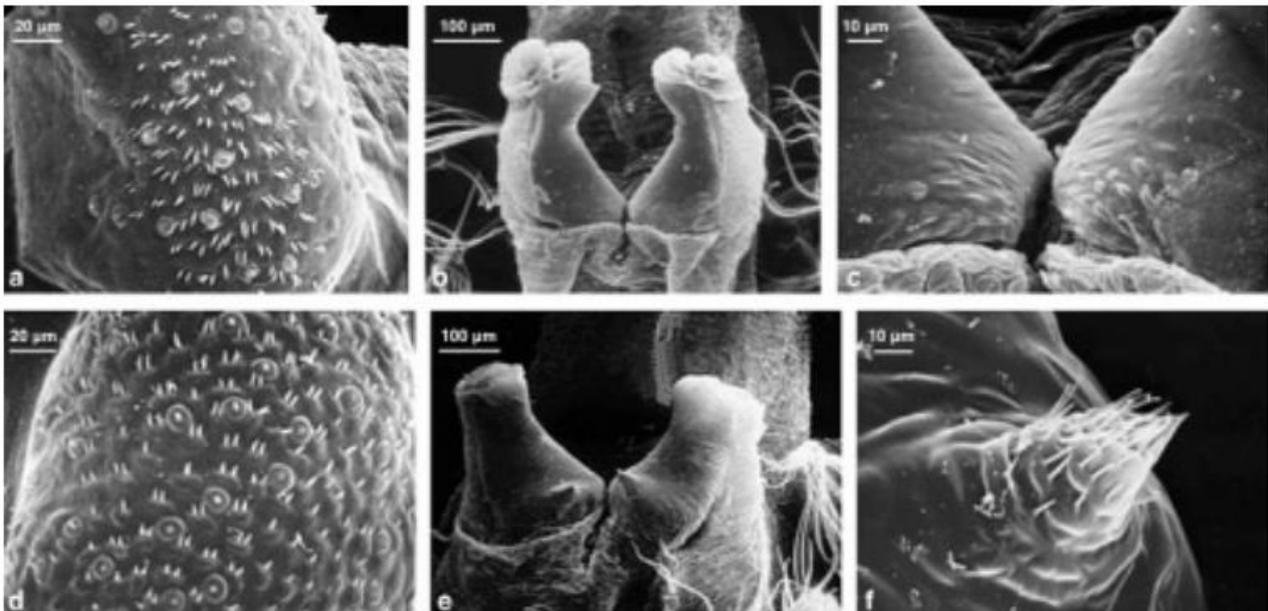


Рис. 2.4.1 Электронные микрофотографии двуполых (а-с) и редких (d-f) самцов из смешанной популяции крымского озера Поповское (Ойбургское). а, d: поверхность фронтального бугорка; b, e: пенисы в целом; с, f: увеличенная деталь базального полового члена без шиповидного выроста у бисексуала (с) и с выростом у редких самцов (f) (по Mura, Nagorskaya, 2005 [447]).

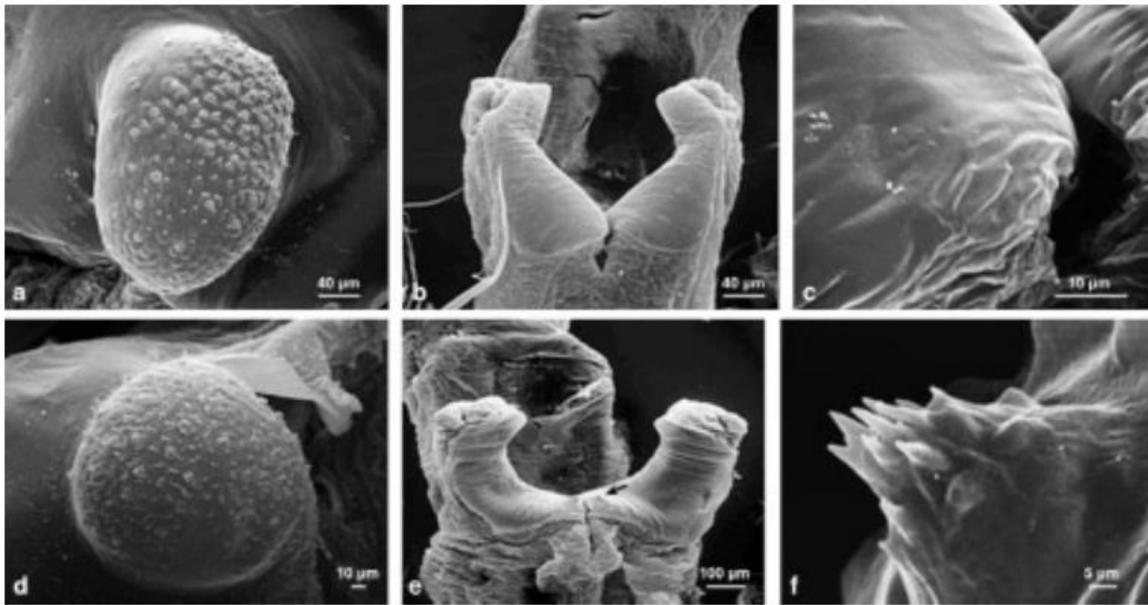


Рис. 2.4.2 Электронные микрофотографии двуполых (a-c) и редких (d-f) самцов из смешанной популяции Сасык-Сиваш. a, d: поверхность фронтального бугорка; b, e: пенисы в целом; c, f: увеличенные детали базального полового члена без шиповидного выроста в двуполой популяции (c) и с выростом у редких самцов (f) (по Mura, Nagorskaya, 2005 [447]).

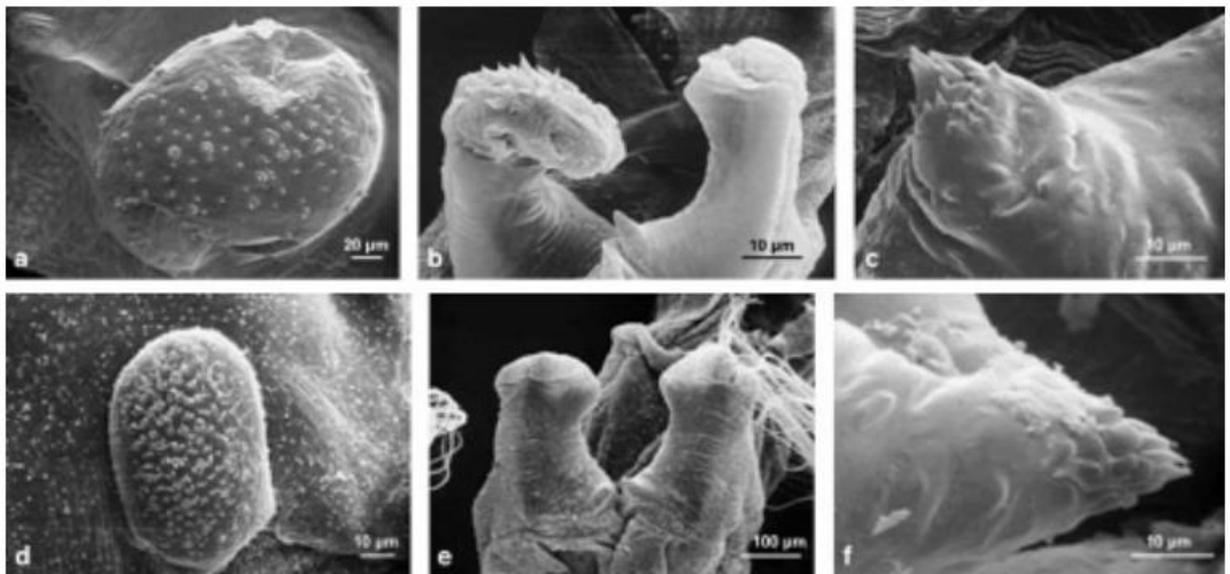


Рис. 2.4.3 Электронные микрофотографии редких самцов из популяций Большое Яровое (a-c) и Малое Яровое (d-f). a, d: поверхность фронтального бугорка; b, e: пенисы в целом; c, f: увеличенные детали шиповидных выступов базальной части пенисов (по Mura, Nagorskaya, 2005 [447]).

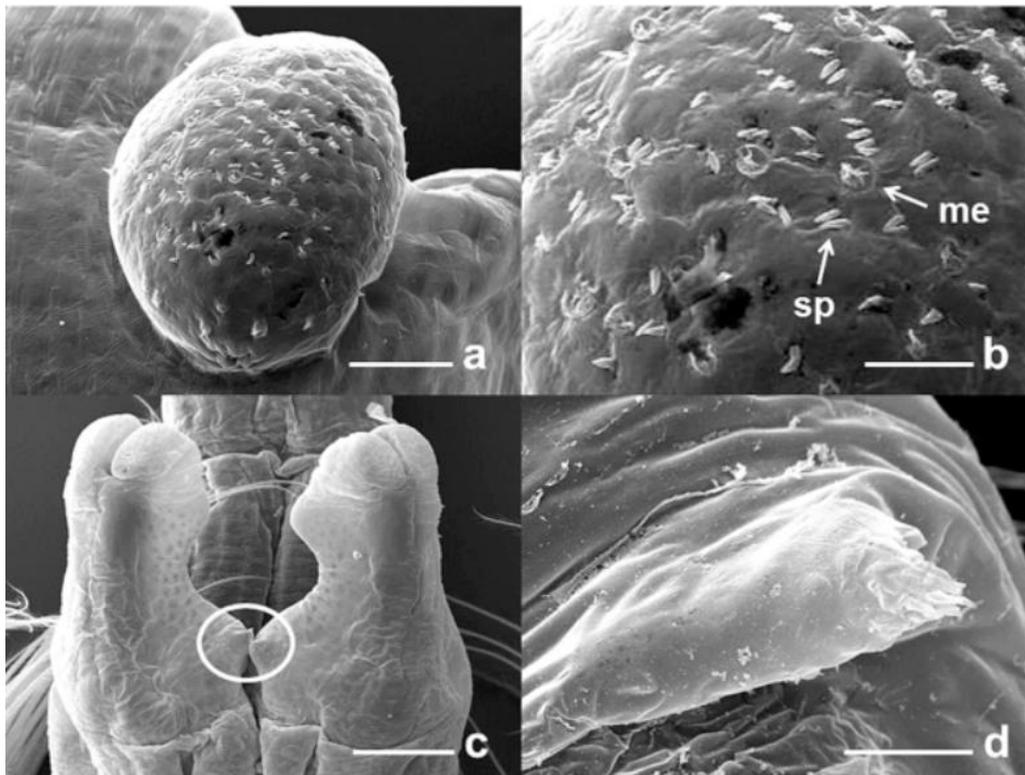
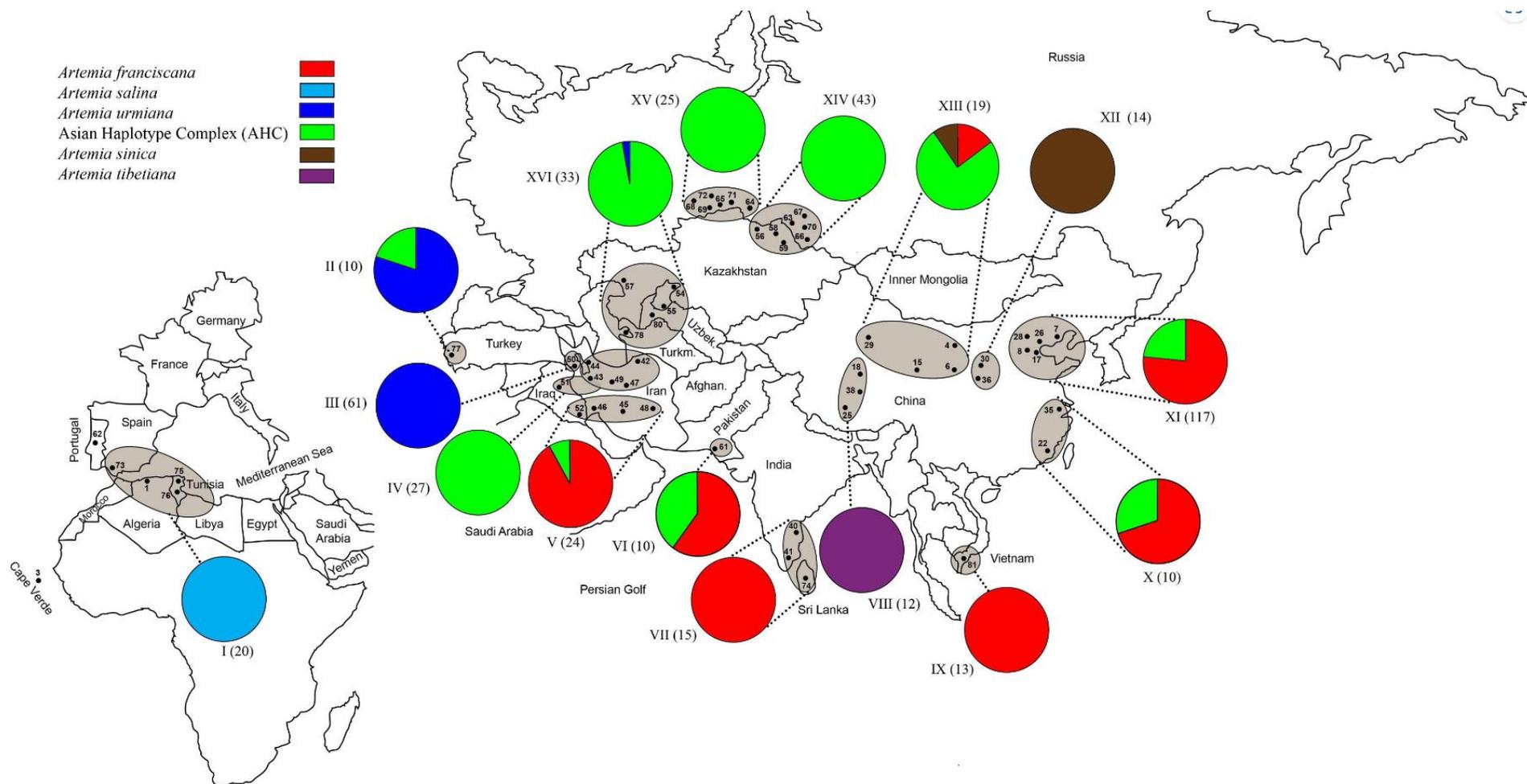


Рис. 2.4.4 Электронные микрофотографии фронтального бугорка второй антенны самца и шиповидного выступа на базальной части полового члена артемии монгольской популяции:  
 а - поверхность лобного бугорка; б - увеличенная деталь, украшенная шипами (sp) и механорецептором (me); с - базальные части пениса (эллипс показывает выступы, похожие на шипы; d - увеличенная деталь, показывающая узор орнаментации апикального конца.  
 Масштаб: а = 50 мкм; б, d = 20 мкм; с = 100 мкм  
 (по Naganawa, Mura, 2017 [449]).

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

#### Видовое разнообразие азиатских, европейских и африканских популяций артемии



**Примечание:** виды выделены цветом в шестнадцати относительно изолированных географических регионах (показаны серым цветом). Значения в круглых скобках при круговой диаграмме представляют собой выборку в регионе, используемом для анализа (по Eimanifar et al., 2014 [356])

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Репродуктивные характеристики артемии из разных популяций, выращенной из цист при разной солености

	<i>A.salina</i>	<i>A.sinica</i>	<i>A.urmiana</i>			<i>A.franciscana</i>					Чили 5 водоемов <sup>2</sup>		<i>A.percimilis</i>		<i>A. parthenogenetica</i>					
	Тунис <sup>3</sup>	Юньчен Китай <sup>1</sup>	(Урмия) <sup>1</sup>			<i>SFB</i> <sup>2</sup>	<i>SFB</i> <sup>4</sup>	GSL	Мексика Прибрежные <sup>7</sup>	Мексика Внутренние <sup>7</sup>	Разова <sup>5</sup>	континент	прибрежные	<i>BAI</i> <sup>2</sup>	Идалго, Аргентина <sup>3</sup>	Кадис (2n) Испания <sup>5</sup>	Измир (>2n), Турция <sup>5</sup>	Б.Медвежье <sup>8</sup>	Яровое Большое <sup>8</sup>	Сибирь, Россия <sup>6</sup>
Характеристики	90‰		100 ‰	140 ‰	180 ‰	35‰		90‰	80-140‰	80-140‰	150 ‰	35‰	35‰	35‰	90‰	90‰	90‰	150 ‰	150 ‰	60-200‰
Потомков на кладку	20,7-27,8	55,89	43,2±8,3	48,3±10,3	34,18±6,3			111,4			13,4				80,37	52,42	80,66	20,1	22,8	23
Количество кладок на самку	7,2-7,8	5,5	7,2±5,9	11,4±3,9	10,5±6,1	3,6±0,8		13,6	7-16	8-16	7-8	3,0±0,8 - 5,3±1,0	3,5±1,9 - 4,0±2,1	6,9±0,6	3,91	11,42	13,84	3-6	3-6	5
Потомков на самку в сутки	4,7-8,8	11,53	13,8±14,6	8,54±2,6	6,91±1,4			27,77	2-3	2-3	2,6				31,58	10,45	13,68	1,4-2,7	1,9-3,9	3,3
Цист на самку			-	-	-	107±138			59-100	66-92		84±60 - 143±155	52±67 - 245±342	265±141				32-64	14-29	
Науплий (яиц) на самку						287±177			19-44	27-41		79±59-263±148	150±137 - 384±346	240±151				25-56	54-108	
Количество дней между кладками	4,1-4,8	5,76	4,3±2,3	5,69±1,0	5,53±1,6	3,2±0,4		4,07	3-5	2-4	4	3,3±0,8 - 3,4±0,7	3,1±1,5 - 3,5±1,0	2,8±0,5	2,9	5,18	5,95	7-11	5-10	7
Процент цистообразования	89-92	64,81	58,2±38,5	75,9±28,5	80,7±22,7	27±34		18,43	69-76	69-71	49,4	31±30 - 51±29	32±37 - 47±50	54±26	44,1	49,09	15,18	82,9	21,2	67
<b>Общее количество потомков на самку</b>	<b>159-161</b>	<b>337</b>	<b>341,1±274,2</b>	<b>536,6±223,7</b>	<b>416,7±262,6</b>	<b>394±135</b>	<b>1620</b>	<b>1057</b>	<b>78-144</b>	<b>93-133</b>	<b>94</b>	<b>163±54 - 405±156</b>	<b>255±74 - 541±337</b>		<b>293</b>	<b>645</b>	<b>1160</b>	<b>60-120</b>	<b>68-137</b>	<b>100</b>
Пререпродуктивный период (в сутках)	32-38	32,50	31,2±3,9	32,0±2,8	31,0±3,8		16	31,62	15-22	12-19	16,6				35,1	43,42	40,26	15,8	17,7	28
Репродуктивный период (в сутках)	26-39	28,9	38,4±36,3	65,5±27,8	65,9±43,8		23	47,56	41-54	41-54	36				12,2	64,79	82,0	44	35	18
Пострепродуктивный период (в сутках)	12	5,8	0	1,1±0,2	3,2±5,4			7,88	7-15	7-14	4				5,6	7,9	4,42			0
Общая продолжительность жизни (в сутках)	76-83	68,2	69,7±35,9	97,7±28,9	99,8±47,0		70	87,06	73-91	60-87	57				57,7	111,61	126,68			46
Выживаемость, %									64-86	63-84										

Примечание: *BAI* – континентальный водоем Аргентины; <sup>1</sup>- [288, 456, 499]; <sup>2</sup>- [366]; <sup>3</sup>- [329]; <sup>4</sup>- [527]; <sup>5</sup>-[330]; <sup>6</sup>- по 1-ой генерации в естественных водоемах Западной Сибири [153]; <sup>7</sup>- [515]; <sup>8</sup>- [219].

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Жирнокислотный состав цист и науплиусов артемии различных видов и популяций  
(% от сухой массы тела; мг/г сух. массы)

Жирная кислота	Ц	Н (% от содержания жиров)	Цд	Цд		Цд	Н
		<i>Artemia</i> sp.	<i>P</i> (4 оз.) / <i>B</i> (5 оз.)	<i>Artemia salina</i>		<i>A. salina</i>	
	3 водоема Алжира: Bethioua, El Melah, Timimoune <sup>0</sup>	Шот-Маруана (северо-восток Алжира) <sup>1</sup>	Китай, внутренние озера мг/г	Юго-восток Туниса <sup>2</sup> %	мг/г	Sebkha Ez-Zemoul (Алжир) <sup>3</sup> %	%
14:0 – миристиновая	0,8-0,93	2,51-2,61		1,7-2,5	1,6-3,6	2,80±0,13	6,77 ± 0,79
14: uns	-	-		-	-	0,42 ± 0,59	0,16 ± 0,28
14:1 (n-5) – миристолеиновая 14:1w5	0,45-0,68	1,86-1,99		0,8-1,0	0,8-1,5	-	
15:0 – пентадециловая	0,24-0,33	0,76-0,9		0,4-0,5	0,4-0,7	0,77 ± 0,32	3,35 ± 0,45
15: uns	-	-		-	-	1,12 ± 0,64	0,38 ± 0,66
15:1 (n-5)		0,65-0,9		0,5-0,7	0,6-0,9	-	
16:0 – пальмитиновая	13,65-16,12	15,2-16,0		15,6-17,3	14,6-22,7	31,24 ± 1,79	34,28 ± 9,22
16: uns			9,58-13,87 / 6,74-14,21			24,97 ± 3,92	17,16 ± 1,02
16:1 (n-7) – пальмитоолеиновая	4,55-6,27	12,97-13,25	3,56-16,11 / 1,13-23,64	11,2-19,0	10,5-27,2	-	
17:0 – гептадекановая (маргариновая)	0,89-1,50	0,71-0,9		0,6-1,3	0,8-1,8	-	1,91 ± 0,93
17: uns	-	-		-	-	-	0,50 ± 0,87
17:1 (n-7)	0,11-0,40	-		1,1-2,2	1,5-2,1	-	
18:0 – стеариновая	4,72-5,18	3,01-3,33	3,23-5,49 / 2,72-6,26	4,3-5,5	4,8-6,9	7,15 ± 6,52	4,55 ± 1,23
18:1 (n-9) – олеиновая	14,79-15,74	18,44-19,1	12,87-20,54 / 9,29-13,08	12,5-14,3	13,4-18,6	15,48 ± 1,78	17,57 ± 1,23
Trans 18:1 (n-9)	-	-		-	-	8,76 ± 2,81	
18:1 (n-7) 18:1w7	7,86-9,74	-	5,67-11,70 / 1,64-11,29	10,2-11,9	9,6-17,0	-	
Trans 18:1 (n-7)	-	-		-	-	1,56 ± 2,21	
<b>18:2 (n-6) – линолевая 18:2ω6</b>	<b>7,05-8,09</b>	<b>6,0-6,05</b>	<b>4,23-6,96 / 2,22-13,28</b>	<b>2,9-5,1</b>	<b>3,4-5,6</b>		
18:3 (n-6) – гамма-линоленовая 18:3ω6		0,77-1,07	0,40-2,43 / 0,1-2,97	0,4-0,8	0,6-1,0	1,38 ± 0,37	0,59 ± 1,02
<b>18:3 (n-3) – альфа-линоленовая 18:3ω3</b>	<b>19,5-24,58</b>	<b>19,86-22,45</b>	<b>4,0-28,95 / 2,33-18,58</b>	<b>2,7-8,5</b>	<b>3,8-9,4</b>	<b>3,79 ± 2,12</b>	<b>6,53 ± 7,13</b>
18:4 (n-3)	2,74-4,34	-		0,9-1,5	1,1-2,2		
19:1 (n-9)		-		0,1-0,4	0,1-0,6		
20:0 – арахидиновая	0,28-0,35	0,55-0,81		0,1-0,2	0,1-0,3		
20: uns	-	-		-	-	0,53 ± 0,74	0,51 ± 0,88
20:1 (n-9) – гадолеиновая	-	2,64-3,1		0,2-0,6	0,3-0,7	-	
20:1 (n-7)		-		0,1-0,1	0,1-0,1		
20:2 (n-6) – эйкозодиеновая	0,14-0,14	0,3-0,31		-	-		
20:3 (n-3)	0,11-0,15						

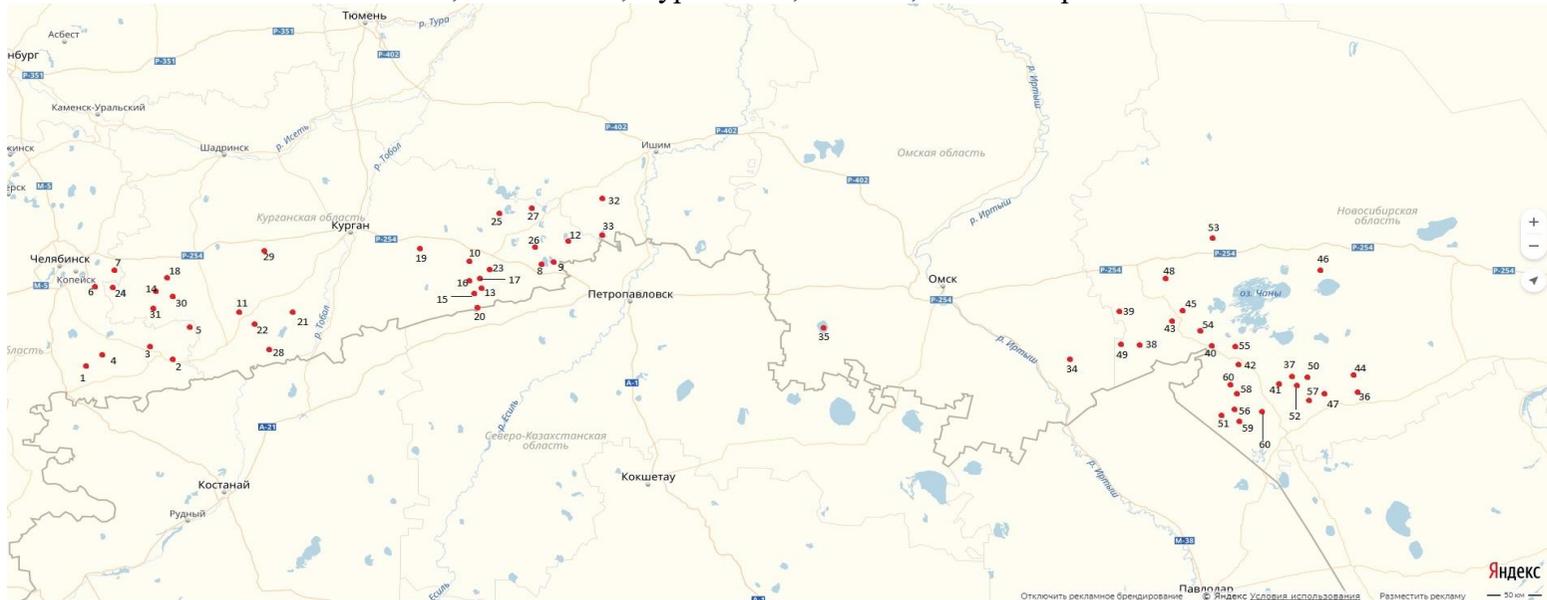
20:3 (n-6) – дигомма-гамма-линоленовая 20:3ω6 - эйкозатриеновая		0,2-0,3		0,1-0,1	0,1-0,1		
20:4 (n-6) – арахионовая 20:4ω6 эйкозотетраеновая (цис)		2,8-3,43	0,17-1,63 /0,12-2,46	0,7-1,2	0,9-1,5		
20:4 (n-3)	0,37-0,62	-		0,3	0,3-0,5		
20:5 (n-3) эйкозопентаеновая			2,24-15,20 /0,25-10,78				
21:5 (n-3) – генейкозопентаеновая		0,76-0,8		-	-		
22:0	0,20-0,24						
22:1 (n-11)	0,60-0,70						
22:5 (n-3) – докозопентаеновая		0,9-1,2		0,2-0,3	0,2-0,4		
22:6 (n-3) докозагексаеновая 22:6ω3		-		0,-0,2	0,1-0,2		
Сумма идентифицированных ЖК	90,66-91,11		~75,5-91,8 /50,1-78,8				
Сумма (n-3)	23,84-31,10		~18,1-31,2 /3,6-18,8	4,7-11,2	6,1-12,7		
Сумма (n-6)	7,54-8,55		~5,72-9,39 /3,52-13,5	4,5-7,3	5,4-8,0		
(n-3)/(n-6)	~3,3		~2,9-4,2 /0,3-5,0	0,9-1,6	0,8-1,6		
Насыщенных	20,97-24,17		~17,4-27,1 /9,8-37,9	23,2-27,0	23,6-34,8	41,95 ± 8,10	47,56 ± 14,95
Ненасыщенных	29,90-31,85		~24,4-40,6 /15,3-25,8	40,3-46,7	37,8-66,5	58,00 ± 8,75	51,55 ± 15,68
16:0/16:1	2,38-3,00		-	0,8-1,4	0,8-1,4		
(n-3) ВНЖК	2,18-2,40		~18,1-31,2 /3,6-18,8	8,6-14,7	8,1-21,0		
(n-6) ВНЖК	0,45-0,48		~5,7-9,4 /3,5-13,5				
FAME/г сухой. массы				-	93,7-142,9		

Примечание: FAME -метилвый эфир жирных кислот; Ц – цисты, Цд – декапсулированные цисты, Н – науплиусы 1 стадии; синим цветом - мононенасыщенные, красным – полиненасыщенные ЖК; <sup>0</sup> - [335]; <sup>1</sup> – [394]; <sup>2</sup> - [320]; <sup>3</sup> [299].

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

### Месторасположение артемиевых озер в Западной Сибири (6А) и Алтае (6Б)

#### 6А. Челябинская, Тюменская, Курганская, Омская, Новосибирская области



#### 6Б. Алтайский край



**Челябинская область:** 1 - Горькое (Троицкое), 2 - Бакшан (н.п. Боровое), 3 - Соленое ( н.п. Журавлиное), 4 - Горькое (Окунево), 5 - Соленое (н.п. Барсучье), 6 - Горькое (Берсеневка);  
**Курганская область:** 7 – Б. Медвежье, 8 – М. Медвежье, 9 - Соленое (Невидимое), 10 – Сорочье, 11 - Горькое (Карась), 12 – Шашмура, 13 - Шамеля, 14 - Б. Курейное (Теренколь), 15 – Требушинное, 16 - Соленое (Собачьё) 17 - Актобан, 18 – Филатово, 19 – Гашково, 20 - Горькое (Воскресенка), 21 - Ново-Георгиевское, 22 - Малое Горькое (Борки), 23 - Горькое (Краснознаменка), 24 – Яманиган;  
**Тюменская область:** 25 - Соленое (Окунево), 26 – Сиверга;  
**Омская область:** 27 – Ульжай, 28 – Эбейты;  
**Новосибирская область:** 29 - Соленое (п. Красный Остров), 30 - Соленое (Мухино), 31 - Соленое (Ишимская), 32 – Сахалин, 33 - Круглое (Владимировка), 34 - Горькое (Рождественка), 35 - Лечебное (Яблоневка), 36 – Коневое, 37 - Соленое (Покровка), 38 - Соленое (Лепокурово), 39 - Малый Баган, 40 - Безымянное (с. Подольск), 41 - Горькое (Соловьевка), 42 - Горькое (Палецкое), 43 – Картаево, 44- Соленое (с. Романовка), 45 - Соленое (с. Ленинское), 46 – Куропатово

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

### 7.1 Основные промысловые водоемы России

(по Методические рекомендации..., 2019 [180])

Область/Край/ Республика	Название водного объекта	Координаты	Площадь, га	Средняя глубина, м	Объем водной толщи, тыс. м <sup>3</sup>	Соленость, г/л			Биомасса рачков, мг/л			Биомасса цист, кг/га			РВ цист средний, т	Промысел цист, т			V <sub>мин</sub> , т
						ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.		ср.	мин.	макс.	
Алтайский	Кулундинское	52°59'N, 79°31'E	72000	2,0-2,6	1800000	100	40	180		1,7	11,5	19,8*	12,2*	33,5*	550	329	0	890	1440
	Большое Яровое	52°52'N, 78°36'E	6670	4,0-4,9	293480	155	135	204		1,6	15,5	121*	84*	152*	500	328	0	502	133
	Малое Яровое	53°04'N, 79°10'E	3500	2,0-2,8	84000	220	180	280		0,6	5,9	96*	56*	161*	170	82	0	158	70
	Кучукское	52°41'N, 79°47'E	18100	1,1-1,3	217200	270	216	320		0,8	1,5	6,5*	2,2*	22,1*	160	6	0	25	181
Курганская	Б. Медвежье	55°11'N, 67°59'E	3810	0,8	30480	199,6	110	293	37,9	5,0	148,0	140,5	25,3	573	160,2	108,9	30,7	198	38,1
	М. Медвежье	55°12'N, 68°3'E	1810	0,8	14480	207,8	124	321	44,8	5,0	293,0	96,8	22,1	350	61,4	34,4	2	121	18,1
	Соленое (Невидимое)	55°8'N, 66°55'E	718	0,7	5026	116,0	66	185	47,9	4,9	303,2	95,1	4,2	343	23,1	23,8	5	50	7,18
	Филатово	54°48'N, 67°2'E	2364	0,5	11820	103,8	50	175	34,1	0,0	239,0	39,5	4,8	134	12,9	7,8	0	26	23,64
	Сорочье (Вишняковское)	54°44'N, 63°47'E	220	0,8	1760	192,3	68	371	88,5	1,1	570,0	181,0	4,9	490	11,4	11,5	0	40	2,2
	Горькое (Н-Георгиевское)	55°18'N, 67°52'E	185	0,8	1480	101,8	65	176	24,9	1,0	71,5	97,8	1,6	265	11,4	11,4	1	37	1,85
	Гашково	54°41'N, 64°31'E	351	0,9	3159	124,2	53	172	31,0	8,4	100,4	55,7	10,8	231	10,4	8,0	2,8	18,7	3,51
Омская	Эбейты	54°38'N, 71°42'E	8330	0,8	66640	206,6	82	396	23,7	2,9	130,0	56,4	10,4	145	164	117,4	0	386	83,3
	Ульжай	54°15'N, 75°6'E	864	0,6	5184	110,0	49	235	26,7	3,1	76,0	54,4	0,1	188	31	15,7	0	62	8,64
Новосибирская	Соленое (Мухино)	54°29'N, 76°1'E	1000	0,3	3000	209,7	182	256	18,2	0,7	42,9	95,9	9,0	181	25	20,2	7	38,9	10
	Горькое (Рождественка)	54°16'N, 77°26'E	790	0,5	3950	227,3	125	340	13,2	0,5	38,6	116,6	14,4	356	13,1	7,2	0	46	7,9
	Соленое (Покровка)	54°7'N, 78°26'E	472	0,5	2360	211,0	211	211	35,1	11,1	63,9	93,6	8,1	179	12,8	1,7	2	12,7	4,72
	Горькое (Конево)	54°13'N, 78°53'E	280	0,5	1400	133,5	87	180	22,3	1,5	76,8	32,7	2,1	105	12,2	8,4	0	33,6	2,8
	Сахалин	54°28'N, 76°57'E	240	0,5	1200	220,3	122	406	30,1	3,3	57,3	75,8	2,6	174	9,4	10,6	3	20	2,4
	Лечебное (Яблоневка)	54°43'N, 76°29'E	280	0,6	1680	248,6	174	339	19,8	0,0	40,9	56,5	1,5	178	7,1	0,5	0	3	2,8
	Каратаево	55°21'N, 76°56'E	225	0,5	1125	133,5	87	180	36,0	0,0	71,9	64,0	50,7	77	5,2	4,0	4	4	2,25
ИТОГО			21939	-	154744	-			-			-		1950,6	397,5				2043
min; max	20 озер			0,3-4,9			40	406		0,0	570		0,1	573			0	890	
В среднем				1,02	-	175	103	265	33,4	3,0	137	85	11	248	98	23	3,6	69	-

### 7.2 Условно- промысловые водоемы России (по Методические рекомендации..., 2019 [180])

Область/край/ Республика	Название водного объекта	Координаты	Площадь, га	Средняя глубина, м	Объем водной толщи, тыс. м <sup>3</sup>	Соленость, г/дм <sup>3</sup>	РВ цист средний, г	$V_{min}$ , г
Алтайский (31 озеро)	Танатар 1	51°37'N-79°53'Е	1100	0,9	9900	110-230	0-20	11
	Танатар 2	52°17'N-80°59'Е	220	0,7	1540	82	-	2,2
	Душное	52°53'N-81°01'Е	140	1,0	1200	52-268	0-5-7	1,4
	Малиновое	51°44'N-79°44'Е	1140	0,7	7980	126-275	-	11,4
	Кулак-Сор	53°15'N-78°13'Е	210	0,5	1050	125	-	2,1
	Джуль – Сульды	53°21'N-78°15'Е	310	0,5	1550	130-138	-	3,1
	Беленькое	52°59'N-78°57'Е	240	0,7	1680	95-256	4	2,4
	Петухово	52°06'N-79°09'Е	400	1,5	6000	140-232	-	4
	Каратал	51°51'N-79°11'Е	290	0,6	1740	210	-	2,9
	Большая Горчина	51°56'N-79°11'Е	210	0,5	1050	105	-	2,1
	Шукыртуз	52°37'N-79°42'Е	520	0,4	2080	180-240	0-9,5	5,2
	Кривая Пучина	52°26'N-79°21'Е	610	0,4	2440	113-140	0-8	6,1
	Петуховское	52°16'N-79°21'Е	1400	0,7	9800	105-110	-	14
	Джомансор	52°48'N-79°25'Е	190	1,1	2090	71-140	-	1,9
	Баужансор	52°44'N-79°27'Е	1100	0,6	6600	42-160	-	11
	Куричье	52°42'N-79°29'Е	1500	0,5	7500	95-171	0-7,6	15
	Вшивка	51°46'N-79°39'Е	580	0,6	3480	283	-	5,8
	Ломовое	51°43'N-79°42'Е	140	0,5	700	248-293	-	1,4
	Горнасталево	51°56'N-79°42'Е	1200	0,5	6000	198-286	-	12
	Бурлинское	53°08'N-79°25'Е	3160	0,9	28440	180-254	-	31,6
	Северный Залив	51°43'N-79°47'Е	150	0,3	450	227	-	1,5
	Министрал	51°45'N-79°47'Е	90	0,3	270	240	-	0,9
	Йодное	51°42'N-79°48'Е	270	0,8	2160	98-140	-	2,7
	Левый Близнец	51°44'N-79°49'Е	200	0,3	600	198	-	2
	Правый Близнец	51°43'N-79°49'Е	180	0,3	540	272	-	1,8
	Николаев Берег	51°43'N-79°51'Е	250	0,3	750	260	-	2,5
	Соленое (Б. Горькое)	52°30'N-81°15'Е	100	0,5	500	70-100	-	1
	Мормышанское	55°23'N-68°45'Е	400	0,7	2800	164	-	4
	Большое Шкло	52°63'N-79°07'Е	250	0,6	1500	-	0-1,5	2,5
	Малое Шкло	52°57'N-79°05'Е	150	0,6	900	-	0-2	1,5
Марковское	52°41'N-79°78'Е	350	0,6	2100	-	-	3,5	
Курганская (13 озер)	Ильиней (Требушинное)	55°2'N, 66°55'Е	308	0,8	2464	29-130	8,8	3,1
	Актобан	55°19'N, 66°19'Е	587	0,4	2348	57-417	8,6	5,9
	М. Горькое (Казак-Кочердык, Борки)	54°24'N, 64°13'Е	381	0,8	3048	47-70	8	3,8
	Теренколь-Горький (Б.Курейное)	54°56'N, 66°56'Е	371	0,6	2226	45-148	6,3	3,7
	Горькое (Карасье, Чердынцево)	55°24'N, 68°18'Е	159	0,8	1272	115-254	5,3	1,6
	Горькое (Краснознаменское)	55°15'N, 64°7'Е	346	0,4	1384		3,7	3,5
	Горькое (Воскресенское, Лопаревское)	55°35'N, 67°23'Е	108	0,4	432	43-75	3,6	1,1
	Шамиля (Сульфатное)	54°51'N, 62°28'Е	103	1,5	1545	61-236	2,6	1,0
	Яманиган	54°47'N, 62°31'Е	150	0,8	1200	68-100	1,1	1,5
	Горькое (Собачье)	55°2'N, 66°59'Е	42	0,4	168	77-241	0,6	0,4
	Соленое (Сетово)	54°39'N, 63°59'Е	100	0,4	4,4	37-152	0,6	1
	Шашмура	54°57'N, 66°58'Е	54	0,5	270	109-222	0,5	0,5

	Озеро №1 (Сивково)	55°37'N, 67°43'E	42	0,5	210	79-91	0,4	0,4
Тюменская (2 озера)	Сиверга	55°24'N, 68°44'E	5213	0,6	31278	42-115	25	52,1
	Соленое (Окуневское)	55°42'N, 68°41'E	75	0,8	600	65-202	2	0,8
Челябинская (5 озер)	Таузаткуль	54°43'N, 61°89'E	1260	0,4	5040	30-313	8,4	12,6
	Горькое (Троицкое)	54°19'N, 61°43'E	255	0,8	2040	78-81	4,7	2,6
	Горькое (Окунево)	54°37'N, 63°11'E	75	1	750	47-79	2,2	0,8
	Кулат	55°0'N, 61°56'E	52	0,6	312	54-276	1,3	0,5
	Соленое (Барсучье)	54°27'N, 62°42'E	113	1	1130	75	0,4	1,1
Новосибирская (16 озер)	Горькое (Красный остров)	54°8'N, 78°16'E	80	0,6	480	92	4,3	0,8
	Горькое (Соловьевка)	53°55'N, 77°23'E	120	0,5	600	85-247	4	1,2
	Горькое (Паленкое)	54°6'N, 78°13'E	104	0,6	624	158-180	3,5	1,0
	Соленое (Ишимская)	54°44'N, 75°45'E	600	0,5	3000	75-133	3	6
	Соленое (Михайловка)	54°26'N, 77°16'E	150	0,5	750	65-389	2,9	1,5
	Атаичье	54°28'N, 75°42'E	910	0,4	3640	47-192	2,6	9,1
	Круглое (Владимировка)	54°8'N, 77°56'E	150	0,6	900	214-402	2	1,5
	Южное (Елизаветинка)	54°43'N, 76°27'E	125	0,3	375	125	1,6	1,3
	Горькое (Осинники)	54°11'N, 78°3'E	148	0,6	888	25-315	1,3	1,5
	Горькое (Круглое, Лепокурово)	54°12'N, 78°10'E	70	0,3	210	64-357	1	0,7
	Горькое (Новоклочи)*	54°13'N, 78°53'E	280	1,2	3360	136-163	0	2,8
	Горькое (Ольховка)*	54°45'N, 76°35'E	640	1	6400	197-391	0	6,4
	Горькое (Царицыно)*	55°0'N, 76°23'E	450	0,4	1800	112-238	0	4,5
	Островное*	54°5'N, 78°55'E	1000	0,5	5000	197-303	0	10
	Чебаклы*	4°36'N, 76°50'E	137	0,3	411	88-240	0	1,4
	Карачи*	55°21'N, 76°56'E	225	0,4	900	181-214	0	2,3
Крым (9 озер)	Залив Сиваш Азовского моря**	46°02'N34°14'E	130000	1,0	130000		700	11
	Айгульское	45°57'N, 34°02'E	3750	0,3	1125		58,90	37,5
	Кирлеутское	45°54'N, 33°47'E	2054	0,4	822		14,10	20,5
	Ярылгач	45°33'N, 32°51'E	165	0,3	50		0,90	1,7
	Джарылгач	45°34'N, 32°54'E	843	0,5	422		2,70	8,4
	Ойбурское	45°16'N, 33°04'E	500	2,0	1000		5,20	5
	Аджибайчикское у пос. Штормовое	45°15'N, 33°05'E	40	0,4	16		2,00	0,4
	Соленое у пос. Молочное	45°11'N, 33°12'E	139	0,9	125		5,70	1,4
	Акташское	45°22'N, 35°48'E	27	0,5	14		5,2	0,3
Тыва (2 озера)	Сватиково (Дус-Холь)	50°34'N, 95°01'E	55	2,0	1100	155-173		1,2
	Чедер	51°25'N, 94°46'E	500	1,5	7500	80-200		5
Хакасия (2 озера)	Тус	54°44'N, 89°57'E	260	1,1	2860	73-275		2,6
	Первомайское	54°34'N, 90°51'E	280	1,4	3920	76		2,8
<b>ИТОГО</b>			<b>80 озер</b>		<b>170646</b>		<b>-</b>	<b>418</b>
min; max					<b>27-130000</b>		<b>0,3-2,0</b>	<b>4,4-130000</b>
В среднем					<b>2133</b>		<b>0,67</b>	<b>4393</b>
							<b>25-402</b>	<b>0,700</b>
							<b>-</b>	<b>17,9</b>
								<b>5,2</b>

## ПРИЛОЖЕНИЕ 8

### 8.1 Средняя месячная температура воздуха по данным Интернет-ресурсов [535, 543, 548]

Месяцы	Крым Симферополь (Керчь)	Калмыкия Элиста	Астрахань	Челябинск	Курган	Тюмень	Омск	Новосибирск (Барабинск)	Алтай Славгород	Хакасия Абакан	Тыва Кызыл
I	0,6 (0,7)	-2,4	-3,6	-14,1	-15,5	-15,1	-16,3	-19,1	-17,5	-18,4	-29
II	1,5 (1,1)	-2,1	-3,0	-12,5	-13,8	-12,9	-15,0	-18,2	-16,5	-16	-24,3
III	5,0 (4,7)	3,5	3,2	-4,8	-5,7	-4,9	-7,3	-10,9	-9,1	-6,2	-9,8
IV	10,5 (10,1)	10,0	11,3	4,7	5,1	4,3	3,7	1,1	4,6	3,5	5,4
V	15,8 (16,0)	17,8	18,5	12,1	13,4	12,0	12,5	10,3	13,5	11,4	12,3
VI	20,0 (21,2)	24,1	23,8	18,3	18,2	17,0	18,0	16,8	19,2	17,5	19,2
VII	22,6 (24,1)	26,2	26,1	19,3	19,7	18,7	19,6	19,1	20,9	19,9	21,1
VIII	22,4 (24,0)	24,8	24,6	17,1	17,4	16,1	16,9	15,8	18,1	16,8	18,1
IX	17,1 (18,6)	18,3	18,0	10,9	11,1	10,0	10,4	9,7	12,2	10,0	10,7
X	11,4 (12,6)	11,7	10,9	4,1	4,1	3,3	3,5	1,7	3,5	3,0	1,7
XI	6,4 (6,6)	2,3	3,1	-5,2	-6,0	-6,6	-7,3	-9,1	-7,6	-7,9	-11,2
XII	2,6 (2,8)	-1,8	-1,8	-11,1	-12,9	-12,9	-13,8	-16,4	-14,4	-15,6	-25,1
Год	11,3	11,0	10,5	-0,9	2,7	2,4	2,1	0,2	2,0	1,4	-0,7
Дней с $t \geq 5^{\circ}\text{C}$	270	250	250	195	200	190	185	150	200	185	200
Сумма температур более $10^{\circ}\text{C}^*$	3429 <sup>2</sup> /3730 <sup>3</sup> (3615/4017)	3577 <sup>2</sup> /3539 <sup>1</sup>	3799 <sup>2</sup> /3995 <sup>3</sup>	2235 <sup>2</sup> /2450 <sup>1</sup>	2314 <sup>2</sup> /2456 <sup>1</sup>	2038 <sup>2</sup> /2195 <sup>1</sup>	2225 <sup>2</sup> /2369 <sup>1</sup>	(2076 <sup>2</sup> / 2224 <sup>1</sup> )	2525 <sup>2</sup> /2555 <sup>1</sup>	2011 <sup>1</sup> /2185 <sup>2</sup>	2360 <sup>2</sup> /2435 <sup>1</sup>
Увеличение суммы тепла:											
раз	1,09 (1,11)	0,99	1,05	1,10	1,06	1,08	1,06	1,07	1,01	1,09	1,03
град	301 (402)	-38	196	215	142	157	144	148	30	174	75
Сумма осадков при $t > 10^{\circ}\text{C}$	309 (267)	249	156	274	241	297	241	258/229	192/183	246/248	166/154
ГТК*	0,9/0,7 (0,7/0,7)	0,7/0,7	0,4/0,4	1,2/1,1	1,0/1,0	1,5/1,4	1,1/1,0	1,2/1,2 (1,1/1,0)	0,8/0,7	1,2/1,1	0,7/0,6

Примечание: \*- данные перед чертой за ряд лет в прошлом, после черты – современные данные; желтым показан вегетационный период развития рачков артемии; <sup>1</sup>- сводные данные за период 1980-2000 г.; <sup>2</sup> сводные данные за весь период исследований: (Крым 1898-2005, Керчь 1936-2005), (Калмыкия 1927-2012), (Астрахань 1881-2015), (Курган 1929-2012), (Тюмень 1936-2015), (Омск 1916-2015), (Барабинск 1910-2012), (Алтайский край 1936-2012), (Абакан: 1939-2012), (Кызыл: 1943-2012); <sup>3</sup>-с 2000 г. по настоящее время

## 8.2 Среднемесячные показатели осадков

Месяцы	Крым Симферополь (Керчь)	Калмыкия Элиста	Астрахань	Челябинск	Курган	Тюмень	Омск	Новосибирск Барабинск	Алтай Барнаул/ Славгород	Хакасия Абакан	Тува Кызыл
I	39 (33)	25	15	17	19	21	24	25/16	21/20	8,6/7,6	8,5/8,5
II	36 (32)	20	12	16	12	15	18	18/12	14/16	5,7/5,7	3,9/4,1
III	37(33)	27	16	19	14	22	17	17/12	11/15	3,9/3,9	2,9/3,8
IV	34(31)	30	23	27	18	24	29	27 /19	17/18	12/11	4,4/8,4
V	34 (30)	43	28	47	39	44,0	40	34/30	29/26	29/29	12/13
VI	58 (55)	50	25	55	52	61,1	55	55/45	43/44	54/58	38/27
VII	47 (35)	35	24	87	54	86,4	68	66/69	55/53	63/68	50/49
VIII	52 (50)	28	21	44	54	60,3	44	60/49	41/38	64/58	42/40
IX	42 (37)	31	17	41	42	45,1	34	43/36	24/22	37/35	24/25
X	42 (29)	32	18	30	31	37	37	45/31	29/29	15/18	7,7/8,6
XI	49 (44)	30	18	26	26	34	37	37/26	25/24	10/10	11/12,0
XII	45 (43)	28	16	21	22	25	31	33/20	23/20	8,2/7,9	13/12
Год, осадки	515 (452)	349	234	430	383	461	432	460/365	331/325	311/311	217/212
Ср. влажность, %	74		70			73	71				
Сумма осадков при t >10°C	309 (267)	249	156	274	241	297	241	258/229	192/183	246/248	166/154

Примечание: желтым цветом обозначен период с температурой выше 10°C; \*- данные перед чертой за ряд лет в прошлом, после черты – современные

## ПРИЛОЖЕНИЕ 9

### 9.1 Гидрохимический состав воды (в г/дм<sup>3</sup>) (с использованием дополнительно литературных данных)

Озеро	Годы	n	pH	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Жесткость общ., мг-экв/л.	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	Σ <sub>ион.</sub>	БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	ПО мг/дм <sup>3</sup>	Класс, группа, тип
Крым															
Сиваш <sup>7</sup>	2017-2022	3	<u>7,7-7,9</u> 8,3±0,2	0	<u>0,10-0,23</u> 0,17±0,07	<u>38,38-142,44</u> 95,69±46,75	<u>11,13-29,20</u> 20,17±9,03	<u>342-1050</u> 696±354	<u>0,60-1,12</u> 0,86±0,26	<u>3,48-12,39</u> 7,93±4,46	<u>30,61-85,98</u> 58,30±27,69	<u>65,7-271,0</u> 183,3±87,7	<u>3,4-4,5</u> 3,95±0,32	<u>19-165</u> 91,0±13,9	Cl Na <sub>III</sub>
Сакское <sup>8</sup>	2019	12	<u>7,3-8,0</u> 8,3±0,2	<u>0,01-0,07</u> 0,31±0,07	<u>0,15-0,31</u> 0,17±0,07	<u>73,48-106,67</u> 95,69±46,75	<u>10,84-19,12</u> 20,17±9,03	<u>517-744</u> 696±354	<u>0,57-0,98</u> 0,86±0,26	<u>5,94-8,52</u> 7,93±4,46	<u>41,07-61,93</u> 58,30±27,69	<u>132,1-196,6</u> 183,3±87,7	-	-	Cl Na <sub>III</sub>
Тюменская область															
Сиверга <sup>1</sup>	1996-2019	27	<u>7,5-8,9</u> 8,5±0,1	<u>0,00-1,17</u> 0,31±0,07	<u>0,11-1,51</u> 0,84±0,08	<u>12,99-58,85</u> 37,52±2,31	<u>0,86-43,23</u> 9,15±0,58	<u>104-600</u> 323±27	<u>0,04-0,67</u> 0,17±0,03	<u>1,23-7,25</u> 3,77±0,32	<u>2,62-38,99</u> 22,02±1,32	<u>30,2-121,1</u> 73,8±4,3	<u>1,7-32,1</u> 10,0±1,5	<u>30-100</u> 61,8±4,1	Cl Na <sub>III</sub>
Окунево <sup>1</sup>	1995-2019	26	<u>7,2-9,0</u> 8,1±0,1	<u>0,00-0,29</u> 0,08±0,02	<u>0,21-0,92</u> 0,40±0,03	<u>24,64-109,90</u> 58,32±5,00	<u>1,54-36,51</u> 13,40±1,77	<u>250-1425</u> 723±61	<u>0,18-2,41</u> 0,55±0,10	<u>1,58-16,96</u> 8,44±0,75	<u>13,87-52,57</u> 28,85±2,55	<u>50,2-200,9</u> 109,6±8,8	<u>1,7-27,2</u> 8,8±2,0	<u>33-117</u> 62,5±5,2	Cl Na <sub>III</sub>
Курганская область															
Б.Медвежье <sup>1</sup>	1995-2019	42	<u>7,2-8,4</u> 7,8±0,1	<u>0,01-0,87</u> 0,12±0,05	<u>0,29-1,08</u> 0,45±0,02	<u>28,29-160,04</u> 106,73±6,42	<u>9,61-95,01</u> 31,20±2,99	<u>640-9980</u> 1335±326	<u>0,12-3,81</u> 0,77±0,13	<u>7,55-22,22</u> 12,96±0,74	<u>30,96-95,26</u> 61,23±3,49	<u>115,3-328,1</u> 212,7±11,6	<u>1,6-26,6</u> 8,0±1,4	<u>24-160</u> 58,9±3,0	Cl Na <sub>III</sub>
М.Межвежье <sup>1</sup>	1995-2019	37	<u>7,2-8,4</u> 7,8±0,1	<u>0,01-0,92</u> 0,12±0,05	<u>0,28-0,74</u> 0,43±0,03	<u>29,20-175,48</u> 112,28±6,83	<u>16,43-99,26</u> 33,61±3,34	<u>750-9960</u> 1419±324	<u>0,12-4,81</u> 0,79±0,17	<u>9,05-26,56</u> 13,82±0,87	<u>41,58-105,22</u> 64,78±3,79	<u>145,4-359,5</u> 225,9±12,6	<u>1,4-33,1</u> 9,0±1,7	<u>30-159</u> 65,2±3,5	Cl Na <sub>III</sub>
Сорочье <sup>1</sup>	1997-2019	37	<u>7,6-9,0</u> 8,1±0,1	<u>0,00-0,94</u> 0,20±0,05	<u>0,27-1,46</u> 0,61±0,04	<u>30,49-165,04</u> 80,68±6,56	<u>9,81-135,06</u> 48,93±5,38	<u>250-4424</u> 1059±179	<u>0,00-1,92</u> 0,42±0,06	<u>2,92-25,29</u> 9,01±0,83	<u>16,70-124,59</u> 58,78±5,59	<u>65,5-443,6</u> 200,6±17,3	<u>1,9-62,7</u> 14,5±2,5	<u>35-180</u> 77,4±5,9	Cl Na <sub>II</sub>
Гашково <sup>1</sup>	1997-2019	20	<u>7,9-8,7</u> 8,3±0,1	<u>0,01-0,67</u> 0,15±0,06	<u>0,10-0,78</u> 0,57±0,04	<u>24,64-88,44</u> 61,67±3,98	<u>7,85-68,77</u> 22,69±3,43	<u>176-604</u> 425±24	<u>0,19-2,20</u> 0,55±0,17	<u>2,02-7,27</u> 4,85±0,32	<u>19,09-61,97</u> 43,93±2,14	<u>57,9-183,6</u> 134,6±6,2	<u>2,7-65,8</u> 25,2±5,0	<u>35-156</u> 58,9±3,0	Cl Na <sub>II</sub>
Невидим <sup>1</sup>	1995-2019	41	<u>7,8-8,9</u> 8,3±0,1	<u>0,00-0,76</u> 0,14±0,04	<u>0,08-0,98</u> 0,49±0,02	<u>23,22-90,04</u> 49,15±3,80	<u>10,22-49,63</u> 25,82±2,26	<u>300-1360</u> 651±52	<u>0,16-1,60</u> 0,40±0,06	<u>3,54-16,32</u> 7,69±0,62	<u>13,47-57,08</u> 30,38±2,44	<u>52,4-206,4</u> 112,0±8,7	<u>1,3-20,0</u> 8,2±1,0	<u>31-109</u> 58,0±3,0	Cl Na <sub>III</sub>
Омская область															
Эбейты <sup>1</sup>	1995-2019	41	<u>7,8-9,3</u> 8,2±0,1	<u>0,04-0,13</u> 0,02±0,004	<u>0,04-0,59</u> 0,59±0,04	<u>32,31-157,93</u> 69,77±6,66	<u>6,71-140,25</u> 62,44±5,41	<u>180-880</u> 439±41	<u>0,08-2,00</u> 0,46±0,08	<u>2,07-10,64</u> 5,09±0,49	<u>22,44-160,19</u> 67,50±6,04	<u>66,6-463,3</u> 206,0±17,7	<u>1,6-47,1</u> 8,7±1,9	<u>31-268</u> 66,7±8,3	Cl-S Na <sub>II</sub>
Ульжай <sup>1</sup>	1995-2019	26	<u>7,4-9,5</u> 8,3±0,1	<u>0,00-0,83</u> 0,17±0,05	<u>0,13-1,06</u> 0,60±0,06	<u>19,16-144,64</u> 60,67±7,95	<u>0,58-65,71</u> 18,93±4,02	<u>250-1320</u> 555±67	<u>0,10-1,50</u> 0,26±0,08	<u>2,98-15,95</u> 6,61±0,80	<u>12,14-99,18</u> 37,59±4,98	<u>44,8-325,9</u> 124,7±16,3	<u>0,5-56,3</u> 12,1±4,3	<u>21-109</u> 53,2±6,7	Cl Na <sub>III</sub>
Новосибирская область															
Мухино	2010-2019	4	<u>7,3-8,6</u> 7,9±0,3	<u>0,07-0,45</u> 0,26±0,16	<u>0,21-0,48</u> 0,31±0,08	<u>36,50-114,86</u> 83,02±19,36	<u>33,31-81,54</u> 51,47±12,20	<u>800-1050</u> 913±70	<u>0,26-0,80</u> 0,58±0,13	<u>9,36-12,61</u> 10,74±0,92	<u>53,92-77,60</u> 62,17±6,41	<u>181,7-255,4</u> 208,3±20,1	<u>1,0-11,9</u> 8,5±2,9	<u>57-80</u> 66,1±5,9	Cl Na <sub>III</sub>
Рождественка	2009-2019	12	<u>6,7-8,7</u> 7,8±0,2	<u>0,07-0,46</u> 0,18±0,05	<u>0,10-1,03</u> 0,55±0,09	<u>39,24-170,16</u> 109,37±11,37	<u>29,66-92,17</u> 51,47±6,14	<u>870-2200</u> 1365±135	<u>0,21-0,86</u> 0,51±0,06	<u>10,31-26,56</u> 16,29±1,65	<u>46,92-101,53</u> 68,01±5,68	<u>165,8-377,1</u> 246,3±21,0	<u>1,3-53,0</u> 18,1±4,1	<u>56-224</u> 88,8±13,7	Cl Na <sub>III</sub>

Островное	2002-2014	12	<u>7,3-8,6</u> 8,1±0,1	<u>0,06-1,01</u> 0,27±0,11	<u>0,07-2,68</u> 0,95±0,25	<u>24,50-157,40</u> 71,13±14,76	<u>32,93-130,64</u> 76,91±8,60	<u>282-2000</u> 829±183	<u>0,12-0,43</u> 0,27±0,04	<u>32,60-24,25</u> 9,92±2,27	<u>25,58-111,10</u> 67,02±7,45	<u>87,5-370,9</u> 226,3±24,6	<u>9,2-96,0</u> 38,6±9,9	<u>19-165</u> 91,0±13,9	Cl-S <sup>NaII</sup>
Алтайский край															
Б.Яровое <sup>1,2,6,9</sup>	1951-2018	12	<u>7,3-8,6</u> 8,1±0,1	<u>0,01-0,08</u> 0,031±0,008	<u>0,21-0,52</u> 0,39±0,02	<u>48,70-137,45</u> 89,63±6,93	<u>0,48-8,00</u> 5,50±0,59	<u>778-960</u> 872±20	<u>0,47-3,29</u> 0,81±0,02	<u>8,97-16,18</u> 10,06±0,56	<u>32,46-66,16</u> 45,09±3,18	<u>118,7-206,1</u> 156,0±9,5	<u>1,1-4,5</u> 4,0±0,5	47,0	Cl <sup>NaIII</sup>
Кулундинское <sup>1,2,3,9</sup>	1951-2015	5	<u>8,5-9,1</u> 8,6±0,2	<u>0,01-0,23</u> 0,15±0,05	<u>0,55-1,89</u> 1,35±0,27	<u>25,36-63,90</u> 44,35±7,02	<u>11,51-27,97</u> 20,07±2,54	<u>361-532</u> 463±37	<u>0,05-0,12</u> 0,08±0,01	<u>2,57-6,44</u> 4,97±0,78	<u>17,44-43,31</u> 30,18±4,82	<u>58,0-143,0</u> 103,1±14,1	-	<u>45-59</u> 52,0±7,1	Cl <sup>NaIII</sup>
Кучукское <sup>2,3</sup>	1948-2015	4	<u>7,6-8,2</u> 7,9±0,2	0	<u>0,57-0,73</u> 0,64±0,04	<u>146,13-170,0</u> 159,12±5,84	<u>37,77-68,10</u> 49,66±7,89	<u>1204-1405</u> 1320±60	<u>0,15-0,39</u> 0,26±0,06	<u>7,06-16,93</u> 13,71±2,62	<u>95,30-107,63</u> 100,30±3,01	<u>294,0-356,0</u> 323,7±14,7	-	<u>45-59</u> 52,0±7,1	Cl <sup>NaIII</sup>
Малиновое <sup>1,2,3</sup>	1949-2015	5	<u>7,8-8,4</u> 8,1±0,2	0	<u>0,48-1,56</u> 0,98±0,29	<u>110,67-181,1</u> 157,63±19,26	<u>37,77-68,10</u> 51,34±19,26	<u>100-1505</u> 609±363	<u>0,06-0,23</u> 0,16±0,04	<u>0,43-18,16</u> 7,12±4,55	<u>94,50-130,70</u> 115,44±9,13	<u>255,0-428,0</u> 336,0±43,4	-	<u>45-59</u> 52,0±7,1	Cl <sup>NaIII</sup>
Петухово <sup>3</sup>	2015	1	<b>9,8</b>	17,85	7,47	10,30	1,40	3	0,005	0,031	16,77	54,00	-	-	C <sup>NaI</sup>
Танатар-6 <sup>3</sup>	2015	1	<b>9,8</b>	15,3	6,56	10,57	2,66	1,2	0,012	0,007	16,18	51,00	-	-	C <sup>NaI</sup>
Хакасия															
Тус <sup>1,4</sup>	2004-2010	1	<u>8,2-8,7</u> 8,5±0,1	<u>0,20-0,48</u> 0,38±0,08	<u>1,05-1,87</u> 1,40±0,21	<u>22,19-32,93</u> 28,31±2,76	<u>33,86-59,56</u> 46,17±6,41	<u>647-892</u> 780±62	<u>0,20-0,25</u> 0,23±0,01	<u>7,72-10,70</u> 9,34±0,75	<u>16,99-49,01</u> 29,06±6,07	<u>82,25-131,2</u> 109,5±12,5	<u>3,3-6,5</u> 4,9±1,1	<u>24-44</u> 33,8±6,9	S <sup>NaII</sup>
Первомайское <sup>1</sup>	2004	1	<b>9,1</b>	0,72	1,34	14,20	34,58	200	0,05	2,40	22,22	75,5	8,0	38,4	S <sup>NaII</sup>
Тува															
Чедер <sup>1</sup>	2004	1	<b>9,3</b>	0,96	1,22	19,88	57,64	200	0,12	2,36	37,08	119,3	6,0	36,0	S <sup>NaII</sup>
Дус-Холь (Сватиково) <sup>1,5</sup>	2001-2018	7	<u>7,7-7,8</u> 7,8±0,02	<u>0,00-0,135</u> 0,045±0,023	<u>0,65-1,68</u> 1,11±0,16	<u>70,06-168,53</u> 107,20±9,38	<u>7,91-17,19</u> 12,55±1,11	<u>1100-1190</u> 1147±18	<u>0,29-0,70</u> 0,46±0,06	<u>5,61-15,59</u> 11,63±1,01	<u>32,77-103,06</u> 52,99±7,29	<u>127,5-298,7</u> 184,7±17,2	2,7	51,5	Cl <sup>NaIII</sup>

Примечание: над строкой – предельные значения, под строкой среднееголетние, n – количество исследованных гидрохимических проб

Литература: <sup>1</sup>- [153]; <sup>2</sup>- [134]; <sup>3</sup>-[100]; <sup>4</sup>- [88]; <sup>5</sup>- [124]; <sup>6</sup>- [99]; <sup>7</sup>- [545]; <sup>8</sup>- [477]; <sup>9</sup>- [150]

9.2 Средние показатели гидрохимического состава воды для кластерного анализа  
(с использованием дополнительно литературных данных)

Озеро	Годы	n	pH	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Жесткость общ., ммоль/дм <sup>3</sup> эquiv.	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Σ <sub>ион.</sub>	БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	ПО мг/дм <sup>3</sup>	Класс, группа, тип
Сиваш <sup>6</sup>	2017-2022	<u>3</u>	8,3	0	0,17	95,69	20,17	696	0,86	7,93	58,30	183,3	3,95	91,0	Cl <sup>Na</sup> <sub>III</sub>
Сив <sup>1</sup>	1996-2019	<u>27</u>	8,5	0,31	0,84	37,52	9,15	323	0,17	3,77	22,02	73,8	10,0	61,8	Cl <sup>Na</sup> <sub>III</sub>
Окун <sup>1</sup>	1995-2019	<u>26</u>	8,1	0,08	0,40	58,32	13,40	723	0,55	8,44	28,85	109,6	8,8	62,5	Cl <sup>Na</sup> <sub>III</sub>
БМ <sup>1</sup>	1995-2019	<u>42</u>	7,8	0,12	0,45	106,73	31,20	1335	0,77	12,96	61,23	212,7	8,0	58,9	Cl <sup>Na</sup> <sub>III</sub>
ММ <sup>1</sup>	1995-2019	<u>37</u>	7,8	0,12	0,43	112,28	33,61	1419	0,79	13,82	64,78	225,9	9,0	65,2	Cl <sup>Na</sup> <sub>III</sub>
Сор <sup>1</sup>	1997-2019	37	8,1	0,20	0,61	80,68	48,93	1059	0,42	9,01	58,78	200,6	14,5	77,4	Cl <sup>Na</sup> <sub>II</sub>
Гаш <sup>1</sup>	1997-2019	<u>20</u>	8,3	0,15	0,57	61,67	22,69	425	0,55	4,85	43,93	134,6	25,2	58,9	Cl <sup>Na</sup> <sub>II-III</sub>
Нев <sup>1</sup>	1995-2019	<u>41</u>	8,3	0,14	0,49	49,15	25,82	651	0,40	7,69	30,38	112,0	8,2	58,0	Cl <sup>Na</sup> <sub>III</sub>
Эбей <sup>1</sup>	1995-2019	<u>41</u>	8,2	0,02	0,59	69,77	62,44	439	0,46	5,09	67,50	206,0	8,7	66,7	Cl-S <sup>Na</sup> <sub>II</sub>
Ул <sup>1</sup>	1995-2019	<u>26</u>	8,3	0,17	0,60	60,67	18,93	555	0,26	6,61	9	124,7	12,1	53,2	Cl <sup>Na</sup> <sub>III</sub>
Мух	2010-2019	<u>4</u>	7,9	0,26	0,31	83,02	51,47	913	0,58	10,74	62,17	208,3	8,5	66,1	Cl <sup>Na</sup> <sub>III</sub>
Рож	2009-2019	<u>12</u>	7,8	0,18	0,55	109,37	51,47	1365	0,51	16,29	68,01	246,3	18,1	88,8	Cl <sup>Na</sup> <sub>III</sub>
Остр	2002-2014	<u>12</u>	8,1	0,27	0,95	71,13	76,91	829	0,27	9,92	67,02	226,3	38,6	91,0	Cl-S <sup>Na</sup> <sub>II</sub>
БЯ <sup>1,2,6</sup>	1951-2018	<u>12</u>	8,2	0,031	0,41	90,52	5,50	872	0,81	10,06	45,85	157,9	4,0	47,0	Cl <sup>Na</sup> <sub>III</sub>
Кул <sup>1,2,3</sup>	1951-2015	<u>5</u>	8,70	0,20	1,47	43,42	19,35	463	0,08	4,97	30,18	99,4	-	52,0	Cl <sup>Na</sup> <sub>III</sub>
Куч <sup>2,3</sup>	1948-2015	<u>4</u>	7,9	0	0,64	159,12	49,66	1320	0,26	13,71	100,30	323,7	-	52,0	Cl <sup>Na</sup> <sub>III</sub>
Малин <sup>1,2,3</sup>	1949-2015	<u>5</u>	8,1	0	0,98	157,63	51,34	609	0,16	7,12	115,44	336,0	-	52,0	Cl <sup>Na</sup> <sub>III</sub>
Петухово <sup>3</sup>	2015	1	<b>9,8</b>	17,85	7,47	10,30	1,40	3	0,005	0,031	16,77	54,00	-	-	
Танатар-б <sup>3</sup>	2015	1	<b>9,8</b>	15,3	6,56	10,57	2,66	1,2	0,012	0,007	16,18	51,00	-	-	
Тус <sup>1,4</sup>	2004-2010	1	8,5	0,38	1,40	28,31	46,17	780	0,23	9,34	29,06	109,5	4,9	33,8	
Первомайское <sup>1</sup>	2004	1	<b>9,1</b>	0,72	1,34	14,20	34,58	200	0,05	2,40	22,22	75,5	8,0	38,4	
Чеддер <sup>1</sup>	2004	1	<b>9,3</b>	0,96	1,22	19,88	57,64	200	0,12	2,36	37,08	119,3	6,0	36,0	
Дус-Холь (Сватиково) <sup>1,5</sup>	2001-2018	7	7,8	0,045	1,11	107,20	12,55	1147	0,46	11,63	52,99	184,7	2,7	51,5	

Примечание: <sup>1</sup> - [153]; <sup>2</sup> - [134]; <sup>3</sup>-[100]; <sup>4</sup>- [88]; <sup>5</sup>-[124]; <sup>6</sup> - [99]; <sup>7</sup> - [545]

## ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Динамика солености воды в озерах (г/дм<sup>3</sup>) с выделением мало-, средне- и многоводных лет за 1995-2018 гг.  
(по Литвиненко и др., 2018б [157])

№	Название озер, регион	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	М
<i>Челябинская область</i>																										
1	Горькое (Троицкое)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	81	-	78	193	117
2	Коммунарское I	-	-	-	-	-	56	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58	-	-	-	56
3	Горькое (Октябрьское)	-	-	-	-	-	54	65	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	-	-	-	48
4	Таузаткуль	-	-	-	-	-	41	49	30	-	-	-	-	-	130	257	313	271	264	167	304	154	-	-	-	180
5	Горькое (Окунево)	-	-	-	-	-	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79	-	47	65	60
6	Соленый Кулат	-	-	159	116	178	99	85	66	54	62	77	74	80	98	125	145	173	230	178	276	123	-	-	290	134
7	Горькое (Берсеневска)	-	-	92	-	106	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	-	-	-	78
<i>Курганская область</i>																										
8	Большое Медвежье	110	145	143	225	185	225	198	167	165	195	184	200	182	197	254	293	293	290	207	218	188	129	168	180	198
9	Малое Медвежье	-	145	143	225	186	235	198	175	156	194	181	207	173	198	261	304	321	315	204	220	198	124	164	185	205
10	Соленое (Невидимое)	75	90	135	159	128	126	101	68	66	79	75	95	101	130	147	185	175	148	117	147	112	92	52	60	111
11	Вишняковское (Сорочье)	-	-	199	-	-	192	112	68	83	102	93	124	118	142	213	279	319	371	244	356	263	183	230	301	200
12	Горькое (Карасье, Чердынское)	-	-	-	-	-	189	200	115	117	254	187	-	-	-	-	-	-	-	117	126	-	-	-	156	162
13	Шашмура	-	-	-	-	-	217	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	222	109	-	-	-	-	-	100	162
14	Шамеля (Сульфатное)	161	147	146	203	171	130	96	61	-	-	-	-	83	-	236	-	147	116	148	213	-	-	207	233	156
15	Б. Курейное (Теренколь)	-	81	102	116	126	148	127	55	45	65	60	65	59	74	85	102	126	103	85	93	95	-	56	60	88
16	Требушинное	47	68	84	96	-	101	94	50	38	49	53	58	64	66	89	130	125	101	73	86	72	57	29	35	72
17	Соленое (Собачье, Лисье)	-	180	215	-	-	231	157	77	-	-	-	-	80	-	158	241	169	84	109	87	-	-	-	-	141
18	Тибизколь	-	-	-	-	-	74	-	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67
19	Актобан	-	-	162	-	180	171	89	60	57	152	114	175	170	-	417	-	193	173	79	204	75	-	83	123	149
20	Филатово	-	-	73	-	120	160	152	66	50	-	59	76	-	116	119	175	167	128	66	74	59	-	-	33	100
21	Гашково	-	-	119	154	119	107	78	53	-	-	-	-	-	-	102	134	137	155	156	172	146	107	132	141	126
22	Горькое (Сетово)	-	-	74	-	73	67	58	37	-	-	-	-	-	-	-	-	152	-	-	-	71	-	-	-	76
23	Умрешево	-	-	67	-	80	95	96	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	77
24	Лаврушино	-	-	176	-	213	-	59	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124
25	Горькое (Воскресенка)	-	-	-	-	-	-	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	167	-	103	108	-	-	-	105	95
26	Ново-Георгиевское	77	-	-	-	74	100	100	65	68	95	83	81	69	100	112	176	165	167	107	128	96	72	102	115	102
27	Озеро I (Сивково)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91	79	-	-	-	85
28	Малое Горькое (Борки)	-	-	-	-	-	70	61	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67	70	-	-	46	47	58
29	Горькое (Краснознаменка)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	131	113	-	-	115	116
30	Яманиган	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68	-	-	-	-	91	80
31	Аслыкуль	-	-	-	-	-	-	69	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55
<i>Тюменская область</i>																										
32	Соленое 18 (Окунево)	83	66	-	-	-	99	97	88	-	-	94	97	91	130	138	202	155	168	107	131	89	65	71	85	108
33	Сиверга	64	54	-	-	64	115	64	45	-	-	-	70	54	80	83	102	90	86	74	81	66	50	42	54	70
<i>Омская область</i>																										
34	Ульжай	54	49	63	-	-	143	109	89	92	105	77	-	72	100	105	91	136	235	226	142	125	78	107	92	109
35	Эбейты	210	144	250	-	-	-	288	193	154	172	141	169	125	159	229	263	247	396	344	131	229	82	135	129	200
<i>Новосибирская область</i>																										

36	Островное	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	303	282	197	264	-	-	-	-	-	262
37	Горькое (Новоключи)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	136	163	152	-	-	-	-	-	-	150
38	Соленое (Мухино)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	256	-	-	-	182	191	-	-	-	210
39	Соленое (Ишимская)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75	133	90	-	122	96	-	-	-	103
40	Сахалин	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	295	406	206	152	141	122	-	-	-	220
41	Круглое (Владимировка)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	274	402	234	-	276	214	-	-	-	280
42	Горькое (Рождественка)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	220	340	274	207	198	125	-	-	-	227
43	Лечебное (Яблонево)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	258	339	261	-	211	174	-	-	-	249
44	Конево	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	284	309	208	239	-	124	-	-	-	233
45	Соленое (Ольховка)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	281	391	197	-	282	-	-	-	-	288
46	Крутое	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	279	-	-	-	169	-	-	-	-	224
47	Соленое (Покровка)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	211	135	120	-	-	-	155
48	Горькое (Царицино)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112	238	-	-	152	-	-	-	-	167
49	Атаичье	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	129	192	61	47	47	76	-	-	-	92
50	Соленое (Лепокурово)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	257	357	64	-	-	-	-	-	-	226
51	Малый Баган	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	425	-	-	-	-	-	-	-	230	328
52	Горькое (Осинники)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	158	315	119	77	78	25	-	-	-	129
53	Карачи	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	214	181	-	-	-	-	-	-	198
54	Чебаклы	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	240	118	-	88	-	-	-	-	149
55	Соленое (Михайловка)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	389	96	93	88	65	-	-	-	146
56	Горькое (Соловьевка)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	247	-	85	-	-	-	166
57	Горькое (Палецкое)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	180	158	174	-	-	-	171
58	Каратаево	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87	180	-	-	134
<b>Расчет водности года</b>																												
<b>Количество сезонов</b>																												
многоводных	6	7	4	0	1	6	10	25	11	5	10	7	10	4	1	0	3	3	10	8	14	19	12	12	7,8			
средневодных	3	3	9	3	8	11	11	1	3	6	4	5	5	9	7	4	9	4	21	12	24	5	4	11	7,6			
маловодных	0	1	5	5	6	9	7	0	0	1	0	1	0	1	10	12	25	28	6	13	3	1	1	4	5,8			
n	9	11	18	8	15	26	28	26	14	12	14	13	15	14	18	16	37	35	37	33	41	25	17	27	21,2			
<b>Водность с учетом переводных коэффициентов</b>																												
многоводных	18	21	12	0	3	18	30	75	33	15	30	21	30	12	3	0	9	9	30	24	42	57	36	36	23,5			
средневодных	6	6	18	6	16	22	22	2	6	12	8	10	10	18	14	8	18	8	42	24	48	10	8	22	15,2			
маловодных	0	1	5	5	6	9	7	0	0	1	0	1	0	1	10	12	25	28	6	12	3	1	1	6	5,8			
Итого	24	28	35	11	25	49	59	77	39	28	38	32	40	31	27	20	52	45	78	60	93	68	45	64	44,5			
Водность года по региону	2,7	2,5	1,9	1,4	1,7	1,9	2,1	3	2,8	2,3	2,7	2,5	2,7	2,2	1,5	1,3	1,4	1,3	2,1	1,8	2,3	2,7	2,6	2,3	2,15			
<b>Водность года по областям</b>																												
Челябинская область			1,5	2	1	2,8	2,8	3	3	3	3	3	3	3	1,5	1,5	1	1	1,5	1	2,3		3	2,7	2,21			
Курганская область	2,8	2,3	2	1,3	1,8	1,7	2,1	3	2,9	2,3	2,7	2,6	2,6	2,1	1,5	1,2	1,1	1,5	2,1	1,8	2,1	2,7	2,5	2,3	2,13			
Тюменская область	2,5	3			2	1,5	2	3			2	2	2,5	1,5	1,5	1	1	1	2	1,5	2,5	3	3	3	2,08			
Омская область	2,5	3	2			1	1,5	2,5	2,5	2	3	2	3	2,5	2	1,5	1	1	1	2	2	3	2,5	3	2,11			
Новосибирская область																		1,8	1,2	2,5	2,3	2,3	2,5		3	2,22		

Примечание

77	Многоводный год
119	Средневодный год
315	Маловодный год

## ПРИЛОЖЕНИЕ 11

Видовой состав фитопланктона гипергалинных озер России по собственным и литературным данным

Отдел, вид (количество видов)	Западная Сибирь <sup>1</sup>	Гиперсоленые озера Крыма <sup>2</sup>	Калмыкия <sup>3</sup>	Соленые озера Кулундинской впадины <sup>4</sup>	Соленые водоемы Соль-Илецкого	Тус (Хакассия) <sup>6</sup>
<b><i>Bacyllariophyta</i> (73)</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>21</b>	<b>9</b>	<b>28</b>	<b>-</b>
<i>Melosira varians</i> Ag.	+					
<i>Aulacosira italica</i> (Ehr.)	+					
<i>Cyclotella caspia</i> Grun.	+	+				
<i>Stephanodiscus</i> sp.			+			
<i>Campylodiscus clypeus</i>					+	
<i>Thalassiosira</i> sp.		+	+			
<i>Thalassiosira eccentrica</i>		+				
<i>Chaetoceros Muellieri</i>	+					
<i>Chaetoceros simplex</i>		+				
<i>Coconeis scutellum</i>		+			+	
<i>Achnantes brevipes</i> Ag.	+				+	
<i>Achnanthes longipes</i>		+			+	
<i>Achnantes hauckiana</i>	+					
<i>Amphora coffeaeformis</i>	+		+		+	
<i>Amphora holsatica</i> Hust.					+	
<i>Amphora veneta</i> Kutz.	+					
<i>Amphora commutata</i>					+	
<i>Amphora hyalina</i>						
<i>Amphora delicatissima</i>					+	
<i>Amphiprora ornata</i> Bail.	+					
<i>Entomoneis alata</i> (Ehr.)			+			
<i>Nitzschia amphibia</i>				+		
<i>Nitzschia angustata</i>	+					
<i>Nitzschia punctata</i> v.	+				+	
<i>Nitzschia longissima</i>	+				+	
<i>Nitzschia frustulus</i>	+			+		
<i>Nitzschia vitrea</i> var.	+					
<i>Nitzschia obfusa</i> var.	+				+	
<i>Nitzschia thermalis</i>	+					
<i>Nitzschia communis</i> var.				+	+	
<i>Nitzschia compressa</i>			+			
<i>Nitzschia constricta</i>			+			
<i>Nitzschia epithemoides</i>			+			
<i>Nitzschia hungarica</i>			+			
<i>Nitzschia pellucida</i>			+			
<i>Nitzschia pusilla</i> Grun.			+			
<i>Nitzschia palea</i> var.					+	
<i>Nitzschia scalpeliformis</i>			+			
<i>Nitzschia tenuirostris</i>		+				
<i>Hantzschia vivax</i>			+			
<i>Navicula</i> sp.	+	+			+	
<i>Navicula salinarum</i>	+		+			
<i>Navicula forcipata</i> Grev.					+	
<i>Navicula incertata</i> Lange					+	
<i>Navicula lundii</i> Reinch.			+			
<i>Navicula phyllepta</i> Kütz.			+			

<i>Navicula cincta</i> (Ehr.)					+	
<i>Navicula cancellata</i>		+				
<i>Navicula pennata</i> A.		+				
<i>Craticula halophila</i>			+			
<i>Cylindrotheca gracilis</i>			+			
<i>Cylindrotheca</i>		+				
<i>Fragilaria fasciculata</i>						
<i>Fragilaria construens</i>					+	
<i>Fragilaria pulchella</i> (Ralf)					+	
<i>Gyrosigma acuminatum</i>					+	
<i>Gomphonema salinarum</i>					+	
<i>Synedra tabulata</i> v.	+					
<i>Stauroneis salina</i> W.Sm.	+		+			
<i>Stauroneis anceps</i> Ehr.					+	
<i>Surirella brebissonii</i>			+			
<i>Surirella hoefleri</i> Hust.			+			
<i>Mastogloia braunii</i>					+	
<i>Mastogloia pumila</i>					+	
<i>Mastogloia pusilla</i> Grun.				+		
<i>Anomoeoneis</i>				+	+	
<i>Epithemia intermedia</i>					+	
<i>Rhopalodia musculus</i>					+	
<i>Rhopalodia gibberula</i>			+	+		
<i>Rhizosolenia minima</i> T.		+				
<i>Cymbella</i> sp.				+		
<i>Diatoma vulgare</i> Bory					+	
<i>Brachysira brebissonii</i>				+		
<i>Brachysira zellensis</i>				+		
<b>Chlorophyta (48)</b>	<b>22</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>10</b>
<i>Carteria salina</i> Wisl.	+					
<i>Carteria</i> sp.		+				
<i>Asteromonas gracilis</i>					+	+
<i>Ankyra judayi</i>	+					
<i>Korschikoviella</i>	+					
<i>Chlamidomonas</i>	+					
<i>Chlamidomonas globosa</i>	+					
<i>Chlamidomonas</i>		+				
<i>Chlamidomonas</i>		+				
<i>Chlamidomonas</i>		+				
<i>Chlamidomonas snowiae</i>		+				
<i>Phacotus lenticulatus</i>				+		
<i>Pandorinà morum</i> Bory				+		
<i>Coelastrum astroideum</i>	+					
<i>Dunaliella salina</i> Teod.	+	+	+	+	+	+
<i>Dunaliella viridis</i> Teod.	+			+	+	
<i>Dunaliella asymmetrca</i>					+	
<i>Dunaliella minuta</i>					+	
<i>Dunaliella parva</i> Lerche					+	
<i>Pedinomonas tenuis</i>	+					
<i>Poropila dubia</i> Schiller		+				
<i>Spermatosopsis</i>	+					+
<i>Schroederia setigera</i>	+					+
<i>Kirchneriella intermedia</i>	+					
<i>Kirchneriella irregularis</i>	+					
<i>Chlorella vulgaris</i>	+	+				

<i>Tetradesmus</i>	+					
<i>Tetraselmis</i> sp.		+				
<i>Tetrastrum triangulare</i>				+		
<i>Oocystis marssonii</i>	+					
<i>Oocystis borgei</i> Snow.	+			+		
<i>Oocystis ovale</i> Korsch.	+					
<i>Oocystis submarina</i>						+
<i>Oedogonium</i> sp.						+
<i>Scenedesmus</i>	+					
<i>Geminellopsis fragilis</i>	+					
<i>Cylindrocapsa conferta</i>	+					
<i>Cladophora globulina</i>	+					
<i>Cladophora glomerata</i>				+		+
<i>Cladophora fracta</i> Ktz.				+		
<i>Ulothrix flacca</i> (Dillw.)				+		
<i>Ulothrix implexa</i> Ktz.				+		
<i>Rhizoclonium</i>						+
<i>Rhizoclonium riparium</i>						+
<i>Percursaria percursa</i>						+
<i>Ctenocladus circinnatus</i>				+		
<i>Picocystis salinarum</i>				+		
<i>Enteromorpha maeotica</i>				+		
<b>Cyanoprokaryota (83)</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>53</b>	<b>4</b>	<b>27</b>
<i>Aphanizomenon flos-</i>	+			+		
<i>Lingbya hieronymusii</i>	+					
<i>Lingbya aestuarii</i>	+			+		+
<i>Lingbya limnetica</i>	+			+		
<i>Lingbya kutzingii</i> (Kutz.)	+					
<i>Lyngbya halophila</i>				+		
<i>Lyngbya confervoides</i> C.						+
<i>Lyngbya stagnina</i> Ktz.ex				+		
<i>Lyngbya martensiana</i>		+		+		
<i>Lyngbia. lutea</i> (Ag.)				+		
<i>Nodularia spumigena</i> f.	+			+		
<i>Nodularia harveyana</i>				+		
<i>Nodularia sphaerocarpa</i>				+		
<i>Synechocystis salina</i>	+	+			+	+
<i>Synechococcus</i>	+	+				
<i>Synechococcus</i>						+
<i>Cyanobacterium</i>				+		
<i>Cyanobacterium</i> cf.				+		
<i>Gloeocapsa minor</i>		+		+		
<i>Gloeocapsa minuta</i>				+		
<i>Gloeocapsa vacuolata</i>		+				
<i>Gloeocapsa crepidinum</i>				+		+
<i>Microcystis salina</i>		+				+
<i>Microcystis pulvereae</i>				+		
<i>Chondrocystis</i>						+
<i>Anabaena flos-aquae</i>		+				
<i>Anabaena</i> sp.				+		
<i>Anabaenopsis</i>				+		+
<i>Anabaenopsis nadsonii</i>				+		
<i>Merismopedia glauca</i>		+				
<i>Merismopedia</i>		+				
<i>Merismopedia</i>				+		

<i>Dactylococcopsis</i>				+		
<i>Gomphosphaeria</i>				+		
<i>Oscillatoria geminata</i>				+		
<i>Oscillatoria. angusta f.</i>				+		
<i>Oscillatoria annae V.</i>						+
<i>Oscillatoria tenuis C.</i>				+		+
<i>Oscillatoria lacustris</i>					+	
<i>Oscillatoria</i>					+	
<i>Oscillatoria chlorina</i>	+					
<i>Oscillatoria amphibia</i>	+			+		
<i>Oscillatoria limosa Ag.</i>	+	+		+		
<i>Oscillatoria agardhii f.</i>	+					
<i>Oscillatoria lauterbornii</i>				+		
<i>Oscillatoria geminata</i>				+		
<i>Oscillatoria tambi</i>		+		+		
<i>Oscillatoria sancta</i>				+		
<i>Phormidium tenue</i>				+		
<i>Phormidium fragile</i>				+		
<i>Phormidium ambiguum</i>						+
<i>P. breve (Kütz. ex</i>						+
<i>P. chalybeum (Mert. ex</i>						+
<i>P. formosum (Bory ex</i>						+
<i>P. tambii (Woron.)</i>						+
<i>Phormidium etoshii</i>				+		
<i>Pseudocapsa sphaerica</i>						+
<i>Coelosphaerium</i>				+		
<i>Chroococcus</i>						+
<i>Chroococcus</i>						+
<i>Chroococcus turgidus</i>				+		
<i>Microcoleus</i>				+		
<i>Aphanothece stagnina</i>				+		
<i>Aphanothece salina</i>				+	+	+
<i>Spirulina meneghiniana</i>				+		
<i>Spirulina major Ktz.ex</i>				+		
<i>Spirulina fusiformis</i>				+		
<i>Spirulina subsalsa Oerst.</i>				+		
<i>Arthrospira maxima</i>				+		
<i>Jaaginema</i>						+
<i>Leptolyngbya perelegans</i>						+
<i>L. valderiana (Gomont)</i>						+
<i>L. woronichinii</i>						+
<i>Planktolyngbya</i>						+
<i>Spirocoleus fragilis</i>						+
<i>Coleofasciculus</i>						+
<i>Trichormus variabilis</i>						+
<i>Trichormus variabilis f.</i>				+		
<i>Trichormus</i>				+		
<i>Eualothece sp. Garcia-</i>				+		
<i>Halomicronema sp.</i>				+		
<i>Nodosilinea sp.</i>				+		
<i>Nostoc cf. paludosum</i>				+		
<i>Nostoc cf. punctiforme</i>				+		
<i>Dzentsia salina Woron.,</i>				+		
<b>Cryptophyta (4)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>-</b>
<i>Cryptomonas sp.</i>	+					

<i>Cryptomonas erosa</i>		+				
<i>Chroomonas salina</i>		+				
<i>Chroomonas minima</i>				+		
<b>Dinophyta (16)</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-</b>
<i>Gimnodinium album</i>	+	+				
<i>Gimnodinium cnecoides</i>	+					
<i>Gimnodinium</i>		+				
<i>Gimnodinium</i>		+				
<i>Amphidinium</i>		+				
<i>Diplopsalis lenticula</i>		+				
<i>Gyrodinium fusiforme</i>		+				
<i>Glenodinium alpestre</i>		+				
<i>Glenodinium danicum</i>		+				
<i>Glenodinium</i>		+				
<i>Glenodinium paululum</i>		+				
<i>Hemidinium ucrainicum</i>		+				
<i>Peridinium cinctum</i> (O.		+				
<i>Peridinium subsalsum</i>		+				
<i>Prorocentrum cordatum</i>		+				
<i>Prorocentrum micans</i>		+				
<b>Xanthophyta (1)</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-</b>
<i>Tribonema viride</i> Pasch.	+					
<b>Chrysophyta (7)</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>-</b>
<i>Syracosphaera</i> sp.		+				
<i>Oolithotus fragilis</i>		+				
<i>Pontosphaera nigra</i>		+				
<i>Emiliana huxleyi</i>		+				
<i>Rhabdosphaera</i> sp.		+				
<i>Chrysochromulina</i> sp.		+				
<i>Dinobryon divergens</i>				+		
<b>Euglenophyta (3)</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>-</b>
<i>Trachelomonas</i> sp		+				
<i>Euglena</i> sp.		+				
<i>Euglena polymorpha</i>				+		
<b>Всего видов (235)</b>	<b>58</b>	<b>52</b>	<b>22</b>	<b>77</b>	<b>38</b>	<b>37</b>

Примечание: <sup>1</sup>-[153]; <sup>2</sup>- [182]; 3- [90], [195]; <sup>4</sup>- [64]; [230]; [47]; [49]; [232]; <sup>5</sup> - [115] (данные использованы для водоемов с соленостью более 70 г/л); [191]; <sup>6</sup>- [173, 174, 175]

	30% встречаемость		30 видов
	50% встречаемость		6 видов
	100% встречаемость		1 вид

## ПРИЛОЖЕНИЕ 12

Морфометрические показатели половозрелых рачков артемии в 54 озерах за период с 2005 по 2016 гг. (n=204)

Название озера	год	tl	al	aw	de	ed	sf-r	fl-r	la	hw	cl/al	al/tl	tl/al
		мм	мм	мм	мм	мм	шт.	мм	мм	мм			
Б. Медвежье	2005	9,41	5,65	0,34	1	0,18	1,19	0,1	0,6	0,5	0,67	0,60	1,67
	2006	9,36	5,58	0,36	0,98	0,18	1,24	0,09	0,67	0,5	0,68	0,60	1,68
	2007	10,65	5	0,43	1,13	0,23	4,5	0,18	0,65	0,6	1,13	0,47	2,13
	2008	9,66	5,73	0,43	1,11	0,22	2,62	0,15	0,71	0,6	0,69	0,59	1,69
	2009	9,59	5,66	0,41	1,16	0,2	1,45	0,06	0,78	0,5	0,69	0,59	1,69
	2010	8,59	5,14	0,34	1,05	0,17	1,21	0,11	0,75	0,6	0,67	0,60	1,67
	2011	9,84	4,97	0,59	1,04	0,17	1,23	0,06	0,68	0,5	0,98	0,51	1,98
	2013	8,86	4,86	0,49	0,92	0,16	1,37	0,05	0,72	0,5	0,82	0,55	1,82
	2014	12,61	7,4	0,32	1,51	0,26	7,03	0,07	0,91	0,7	0,70	0,59	1,70
	2015	10,04	5,95	0,48	1,12	0,21	3,05	0,15	0,75	0,5	0,69	0,59	1,69
2016	9,04	4,9	0,45	1,11	0,17	1,44	0,13	0,66	0,5	0,84	0,54	1,84	
М. Медвежье	2005	8,48	4,94	0,34	1,02	0,17	1	0,15	0,65	0,5	0,72	0,58	1,72
	2006	9,6	5,71	0,51	1,24	0,22	2,1	0,1	0,77	0,6	0,68	0,59	1,68
	2007	9,5	4,49	0,59	1,34	0,3	5,14	0,26	1,04	0,6	1,12	0,47	2,12
	2008	9,91	5,82	0,43	1,18	0,21	2,84	0,15	0,81	0,6	0,70	0,59	1,70
	2009	9,64	5,71	0,42	1,2	0,21	1,5	0,08	0,78	0,6	0,69	0,59	1,69
	2010	7,97	4,76	0,33	1,05	0,17	1,13	0,09	0,83	0,7	0,67	0,60	1,67
	2011	9,1	4,49	0,68	1,02	0,16	1,32	0,08	0,57	0,5	1,03	0,49	2,03
	2013	10,9	5,09	0,69	1,25	0,23	1,51	0,05	0,8	0,6	1,14	0,47	2,14
	2014	10,1	5,91	0,24	1,16	0,23	5,01	0,05	0,73	0,6	0,71	0,59	1,71
	2015	9,58	5	0,55	1,24	0,22	5,9	0,23	0,82	0,6	0,92	0,52	1,92
2016	9,59	5,46	0,44	1,18	0,18	1,43	0,15	0,66	0,5	0,76	0,57	1,76	
Соленое-Собачье-Лисье	2009	9,77	5,04	0,5	1,24	0,21	3,66	0,12	0,82	0,6	0,94	0,52	1,94
	2010	8,52	5,1	0,36	1,08	0,18	2,24	0,15	0,84	0,7	0,67	0,60	1,67
	2011	9,06	4,49	0,46	1,05	0,19	2,53	0,09	0,59	0,5	1,02	0,50	2,02
	2013	10,67	5,72	0,87	1,44	0,23	11,6	0,22	0,98	0,7	0,87	0,54	1,87
	2014	9,16	4,7	0,29	1,31	0,24	8,62	0,18	0,93	0,7	0,95	0,51	1,95
Островное	2009	9,38	5,3	0,47	1,39	0,23	2,49	0,14	0,88	0,7	0,77	0,57	1,77
	2010	9,06	5,02	0,47	1,21	0,2	3,01	0,17	0,84	0,8	0,80	0,55	1,80
	2014	9,17	5,03	0,24	1,22	0,22	4,34	0,05	0,9	0,6	0,82	0,55	1,82
Горькое-Конево	2010	10,53	6,12	0,48	1,49	0,23	3,34	0,15	0,78	0,7	0,72	0,58	1,72
	2013	9,06	4,56	0,82	1,22	0,23	1,27	0,05	0,75	0,6	0,99	0,50	1,99
	2014	9,38	5,28	0,23	1,16	0,24	5,31	0,06	0,73	0,6	0,78	0,56	1,78
	2015	8,32	4,95	0,44	1,04	0,21	2,26	0,15	0,6	0,5	0,68	0,59	1,68
	2016	9,95	5,8	0,45	1,23	0,25	1,5	0,13	0,8	0,5	0,72	0,58	1,72
Таузаткуль	2009	11,1	6,73	0,5	1,33	0,23	2,01				0,65	0,61	1,65
	2010	6,36	3,66	0,29	0,87	0,15	1,29	0,09	0,83	0,6	0,74	0,58	1,74
	2014	9,93	5,7	0,25	1,23	0,23	5,82	0,05	0,71	0,6	0,74	0,57	1,74
Соленый Кулат	2005	7,77	4,19	0,52	1,23	0,24	13	0,29	0,85	0,6	0,85	0,54	1,85
	2006	7,96	4,19	0,54	1,19	0,24	9,55	0,25	0,74	0,6	0,90	0,53	1,90
	2007	8,26	3,6	0,5	1,11	0,21	5,25	0,22	0,64	0,6	1,29	0,44	2,29
	2008	8,46	4,62	0,7	1,23	0,2	5,85	0,21	0,73	0,7	0,83	0,55	1,83
	2009	10,95	6,08	0,58	1,56	0,25	5,55	0,21	0,88	0,7	0,80	0,56	1,80
	2010	10,12	5,79	0,5	1,3	0,24	5,41	0,22	0,73	0,8	0,75	0,57	1,75
	2011	9,75	5,22	0,48	0,99	0,15	1,86	0,06	0,67	0,5	0,87	0,54	1,87
	2013	8,59	4,91	0,44	0,89	0,15	2,47	0,08	0,66	0,4	0,75	0,57	1,75
	2014	8,51	4,78	0,23	1,03	0,2	4,88	0,04	0,6	0,5	0,78	0,56	1,78
Ильней-Требушинное	2006	8,81	4,28	0,71	1,53	0,31	17,5	0,41	1,02	0,8	1,06	0,49	2,06
	2007	9,4	4,21	0,56	1,24	0,25	5,57	0,19	0,76	0,6	1,23	0,45	2,23

	2008	9,26	4,71	0,59	1,49	0,24	9,8	0,26	0,99	0,9	0,97	0,51	1,97
	2009	9,31	4,97	0,63	1,53	0,26	9,48	0,34	0,97	0,7	0,87	0,53	1,87
	2010	8,33	4,7	0,43	1,21	0,2	6,55	0,21	0,88	0,9	0,77	0,56	1,77
	2011	10,83	5,2	0,63	1,14	0,17	2,47	0,08	0,74	0,6	1,08	0,48	2,08
	2012	9,04	4,65	0,62	1,28	0,19	6,14	0,19	0,86	0,6	0,94	0,51	1,94
	2013	9,2	4,73	0,62	1,26	0,22	8,24	0,19	0,88	0,6	0,95	0,51	1,95
	2014	8,8	4,53	0,3	1,29	0,25	9,66	0,24	0,96	0,6	0,94	0,51	1,94
	2015	8,55	4,38	0,6	1,39	0,25	12,7	0,35	0,95	0,6	0,95	0,51	1,95
	2009	8,53	4,39	0,52	1,26	0,2	3,6	0,12	0,88	0,8	0,94	0,51	1,94
	2010	9,86	5,62	0,52	1,4	0,23	4,53	0,21	0,74	0,8	0,75	0,57	1,75
	2011	10,07	5,46	0,54	1,09	0,19	2,01	0,09	0,66	0,6	0,84	0,54	1,84
	2013	9,92	5,34	0,69	1,1	0,21	4,15	0,13	0,78	0,6	0,86	0,54	1,86
	2014	10,63	6,2	0,26	1,25	0,24	5,14	0,08	0,85	0,6	0,71	0,58	1,71
	2015	9,55	5	0,53	1,19	0,22	5,43	0,2	0,81	0,5	0,91	0,52	1,91
Гашково	2016	8,87	4,85	0,44	1,1	0,17	4,67	0,2	0,65	0,5	0,83	0,55	1,83
Соленое (Сетово)	2015	8,11	4,31	0,54	1,23	0,25	10,2	0,28	0,84	0,5	0,88	0,53	1,88
Горькое (Краснознаменское)	2013	9,78	4,47	0,64	1,16	0,21	5,86	0,14	0,86	0,6	1,19	0,46	2,19
	2015	9,06	4,96	0,58	1,41	0,25	11,1	0,32	0,92	0,5	0,83	0,55	1,83
Горькое (Рождественка)	2009	10,52	5,31	0,48	1,36	0,22	1,15	0,09	0,78	0,7	0,98	0,50	1,98
	2010	8,06	4,81	0,4	1,07	0,18	1,52	0,12	0,85	0,7	0,68	0,60	1,68
	2011	7,16	3,44	0,41	0,76	0,1	1	0,04	0,5	0,4	1,08	0,48	2,08
	2015	9,28	5,65	0,43	1,09	0,18	1,5	0,09	0,63	0,5	0,64	0,61	1,64
	2016	9,24	5,38	0,38	1,07	0,16	2,5	0,09	0,68	0,5	0,72	0,58	1,72
Озеро №1 (Кабанье,	2015	8,51	4,48	0,53	1,29	0,23	8,18	0,23	0,79	0,5	0,90	0,53	1,90
Сахалин	2010	9,24	5,25	0,45	1,28	0,19	3,64	0,19	0,87	0,7	0,76	0,57	1,76
	2011	8,06	4,14	0,45	0,88	0,11	2,23	0,07	0,55	0,4	0,95	0,51	1,95
	2015	8,26	4,81	0,48	1,19	0,22	3,94	0,19	0,65	0,5	0,72	0,58	1,72
	2016	9,02	5,15	0,46	1,18	0,2	2,55	0,15	0,75	0,6	0,75	0,57	1,75
Горькое (Царицино)	2011	9,71	5,05	0,59	1,18	0,16	3,1	0,09	0,71	0,6	0,92	0,52	1,92
	2015	8,84	5,2	0,51	1,2	0,22	4,58	0,19	0,7	0,5	0,70	0,59	1,70
Соленое 18 (Окуневское)	2005	8,79	4,89	0,39	1,15	0,19	3,65	0,17	0,76	0,6	0,80	0,56	1,80
	2007	9,02	5,57	0,49	1,12	0,22	5,07	0,23	0,69	0,6	0,62	0,62	1,62
	2008	10,58	5,87	0,49	1,35	0,2	5,2	0,15	0,82	0,8	0,80	0,55	1,80
	2009	8,99	5,28	0,44	1,23	0,19	3,33	0,09	0,75	0,7	0,70	0,59	1,70
	2010	9,31	5,68	0,43	1,14	0,16	2,35	0,14	0,77	0,7	0,64	0,61	1,64
	2011	8,52	4	0,49	0,96	0,17	2,32	0,09	0,55	0,5	1,13	0,47	2,13
	2013	8,83	4,4	0,46	1,06	0,19	3,12	0,08	0,76	0,5	1,01	0,50	2,01
	2012	9,08	4,92	0,44	0,88	0,13	1,3	0,05	0,54	0,4	0,85	0,54	1,85
	2015	8,52	4,81	0,48	1,18	0,22	4,78	0,16	0,71	0,5	0,77	0,56	1,77
Соленое (Покровка)	2015	8,92	4,84	0,52	1,29	0,23	5,68	0,19	0,7	0,5	0,84	0,54	1,84
Горькое Окунево	2015	8,89	4,24	0,61	1,54	0,26	13,1	0,35	1,01	0,6	1,10	0,48	2,10
Актобан	2005	9,2	5,21	0,58	1,31	0,25	7,63	0,18	0,9	0,7	0,77	0,57	1,77
	2006	8,72	4,95	0,48	1,19	0,22	7,3	0,1	0,71	0,6	0,76	0,57	1,76
	2011	10,47	5,19	0,73	1,33	0,21	1,72	0,09	0,74	0,7	1,02	0,50	2,02
	2013	8,53	4,66	0,48	1,05	0,2	5,51	0,13	0,77	0,5	0,83	0,55	1,83
	2015	8,45	4,82	0,46	1,21	0,21	3,53	0,15	0,79	0,5	0,75	0,57	1,75
Соленое Мухино	2010	8,44	5	0,39	0,96	0,17	1,66	0,13	0,68	0,6	0,69	0,59	1,69
	2015	10,94	7,08	0,48	1,3	0,23	2,75	0,13	0,88	0,6	0,55	0,65	1,55
	2016	9,04	5,13	0,47	1,23	0,19	3,57	0,15	0,75	0,5	0,76	0,57	1,76
Круглое (Владимировка)	2010	8,82	4,81	0,45	1,23	0,21	2,49	0,2	0,86	0,8	0,83	0,55	1,83
	2015	9,13	4,94	0,48	1,17	0,21	4,19	0,15	0,66	0,5	0,85	0,54	1,85
	2016	8,06	4,48	0,36	1,07	0,18	2,53	0,11	0,69	0,4	0,80	0,56	1,80
Горькое (Троицкое)	2015	10,26	5,71	0,34	1,46	0,26	7,81	0,25	0,92	0,6	0,80	0,56	1,80
	2005	10,88	5,66	0,63	1,63	0,27	11,9	0,31	1,06	0,8	0,92	0,52	1,92
	2006	8,21	4,59	0,51	1,28	0,23	10,1	0,2	0,76	0,6	0,79	0,56	1,79

Горькое (Новогеоргиевское)	2007	9,4	4,21	0,56	1,24	0,25	5,57	0,19	0,76	0,6	1,23	0,45	2,23
	2008	8,63	4,4	0,53	1,4	0,25	9,83	0,27	0,93	0,8	0,96	0,51	1,96
	2009	10,98	6,35	0,64	1,65	0,27	7,7	0,21	0,88	0,7	0,73	0,58	1,73
	2013	7,47	4,06	0,37	1	0,17	4,58	0,1	0,65	0,5	0,84	0,54	1,84
	2010	8,91	5,29	0,43	1,21	0,2	4,98	0,17	0,83	0,7	0,68	0,59	1,68
	2015	9,13	5,09	0,51	1,28	0,2	5,56	0,18	0,78	0,6	0,79	0,56	1,79
	2016	8,65	4,88	0,46	1,15	0,19	5	0,2	0,55	0,5	0,77	0,56	1,77
Теренколь Горький	2013	10,4	5,39	0,59	1,04	0,18	6,62	0,15	0,89	0,5	0,93	0,52	1,93
	2015	9,46	4,94	0,57	1,35	0,24	6,49	0,2	0,87	0,6	0,91	0,52	1,91
Соленое (Невидимое)	2005	8,52	4,52	0,5	1,24	0,19	6,02	0,3	0,82	0,7	0,88	0,53	1,88
	2006	7,65	4,15	0,47	1,16	0,22	7,5	0,19	0,74	0,5	0,84	0,54	1,84
	2007	7,2	2,93	0,55	1,02	0,25	5	0,25	0,75	0,5	1,46	0,41	2,46
	2008	9,8	5,43	0,51	1,42	0,24	4,53	0,18	0,89	0,8	0,80	0,55	1,80
	2009	11,26	6,45	0,57	1,55	0,26	3,43	0,19	0,85	0,7	0,75	0,57	1,75
	2010	9,68	5,71	0,44	1,2	0,19	2,89	0,16	0,78	0,7	0,70	0,59	1,70
	2011	9,17	4,8	0,49	1,06	0,15	1,57	0,08	0,63	0,5	0,91	0,52	1,91
	2013	8,08	4,18	0,52	1	0,15	4,98	0,07	0,65	0,5	0,93	0,52	1,93
	2015	9,27	5,11	0,49	1,26	0,21	4,42	0,17	0,85	0,6	0,81	0,55	1,81
Соленое (Михайловка)	2015	7,54	3,76	0,56	1,32	0,25	6,82	0,25	0,79	0,6	1,01	0,50	2,01
	2016	6,86	3,2	0,42	1,13	0,21	5,29	0,16	0,68	0,5	1,14	0,47	2,14
Соленое (Барсучье)	2015	8,37	4,42	0,51	1,25	0,22	8,13	0,25	0,89	0,5	0,89	0,53	1,89
Сорочье (Вишняковское)	2005	10,26	5,9	0,57	1,4	0,23	6,79	0,24	0,89	0,7	0,74	0,58	1,74
	2006	10,96	6,31	0,63	1,38	0,26	9,8	0,27	0,83	0,7	0,74	0,58	1,74
	2007	10,07	5,03	0,59	1,32	0,28	5,5	0,26	1,06	0,6	1,00	0,50	2,00
	2008	10,6	6,02	0,5	1,34	0,22	4,12	0,16	0,8	0,8	0,76	0,57	1,76
	2009	12,47	7,51	0,57	1,47	0,25	2,07	0,15	0,75	0,6	0,66	0,60	1,66
	2010	8,13	4,82	0,32	1,04	0,15	1,34	0,09	0,75	0,7	0,69	0,59	1,69
	2011	7,81	3,61	0,55	0,9	0,14	1,28	0,06	0,52	0,5	1,16	0,46	2,16
	2015	10,57	6,03	0,47	1,33	0,2	3	0,18	0,92	0,5	0,75	0,57	1,75
	2016	8,76	4,81	0,49	1,23	0,21	5,07	0,19	0,76	0,5	0,82	0,55	1,82
Ульжай	2005	9,08	4,87	0,54	1,33	0,25	6,67	0,23	0,88	0,6	0,86	0,54	1,86
	2007	8,87	3,96	0,6	1,25	0,24	4,8	0,22	0,86	0,6	1,24	0,45	2,24
	2009	10,01	5,61	0,51	1,43	0,23	4,25	0,13	0,89	0,7	0,78	0,56	1,78
	2011	8,48	3,82	0,5	1	0,17	2,34	0,08	0,61	0,5	1,22	0,45	2,22
	2012	10,87	6,5	0,54	1,19	0,23	1,66	0,1	0,68	0,6	0,67	0,60	1,67
	2015	9,13	5,05	0,51	1,23	0,22	3,8	0,19	0,77	0,5	0,81	0,55	1,81
	2016	9,03	4,97	0,43	1,11	0,17	3,67	0,13	0,69	0,5	0,82	0,55	1,82
Чебаклы	2015	8,1	4,47	0,54	1,41	0,25	7,5	0,25	0,7	0,5	0,81	0,55	1,81
Эбейты	2005	9,18	4,95	0,46	1,23	0,19	2,64	0,16	0,78	0,7	0,85	0,54	1,85
	2006	9,13	5,03	0,53	1,28	0,22	2,6	0,12	0,78	0,6	0,82	0,55	1,82
	2007	9,29	4,54	0,56	1,33	0,3	5,44	0,26	1,01	0,6	1,05	0,49	2,05
	2008	9,45	5,34	0,49	1,32	0,2	3,16	0,15	0,72	0,7	0,77	0,57	1,77
	2009	9,59	5,67	0,43	1,23	0,2	2,35	0,09	0,74	0,6	0,69	0,59	1,69
	2010	8,38	4,88	0,32	1,03	0,17	1,75	0,13	0,79	0,7	0,72	0,58	1,72
	2011	8,27	3,87	0,47	1,02	0,15	1,23	0,06	0,52	0,5	1,14	0,47	2,14
	2015	10,35	5,77	0,55	1,34	0,24	4,15	0,2	0,89	0,6	0,79	0,56	1,79
	2016	8,55	4,3	0,43	1,15	0,2	3	0,18	0,62	0,5	0,99	0,50	1,99
Горькое (Лепокурово)	2016	9,17	5,02	0,44	1,24	0,21	2,73	0,15	0,72	0,5	0,83	0,55	1,83
Атаичье	2011	9,26	4,43	0,63	1,15	0,2	4,59	0,15	0,74	0,6	1,09	0,48	2,09
	2016	9,37	4,77	0,48	1,08	0,23	3,33	0,21	0,66	0,6	0,96	0,51	1,96
Соленое (Ишимская)	2011	10,54	5,08	0,76	1,43	0,23	8,62	0,24	0,87	0,7	1,07	0,48	2,07
	2012	9,85	4,49	0,69	1,28	0,2	6,54	0,2	0,82	0,7	1,19	0,46	2,19
	2013	9,06	5,09	0,61	1,16	0,18	7,93	0,13	0,67	0,6	0,78	0,56	1,78
	2016	9,17	5,31	0,46	1,18	0,2	3,2	0,14	0,73	0,5	0,73	0,58	1,73
Каратаево	2016	8,58	4,38	0,37	1	0,17	3,27	0,12	0,69	0,5	0,96	0,51	1,96

Соленое (Красный)	2016	8,79	4,7	0,49	1,21	0,22	5,29	0,21	0,76	0,6	0,87	0,53	1,87
Горькое (Палецкое)	2016	8,95	4,78	0,4	1,17	0,17	2,67	0,11	0,61	0,5	0,87	0,53	1,87
Горькое (Соловьевка)	2016	8,77	4,9	0,43	1,16	0,18	2,56	0,14	0,66	0,5	0,79	0,56	1,79
Лечебное (Яблоневка)	2010	9,73	5,93	0,4	1,23	0,21	1,17	0,06	0,71	0,6	0,64	0,61	1,64
	2011	7,64	3,53	0,49	0,91	0,14	1,48	0,06	0,52	0,5	1,16	0,46	2,16
	2013	9,61	5,26	0,68	1,17	0,2	1,43	0,08	0,79	0,6	0,83	0,55	1,83
	2016	9,24	5,31	0,36	1,16	0,21	2,53	0,12	0,67	0,5	0,74	0,57	1,74
Горькое (Новоключи)	2009	10,1	5,86	0,55	1,31	0,26	1,1	0,13	0,81	0,6	0,72	0,58	1,72
	2010	9,17	4,79	0,5	1,42	0,22	5,73	0,21	0,89	0,8	0,91	0,52	1,91
	2012	8,74	4,68	0,42	0,92	0,13	1,7	0,07	0,59	0,5	0,87	0,54	1,87
	2013	10,08	5,76	0,59	1,23	0,21	1	0,09	0,88	0,6	0,75	0,57	1,75
Карачи	2012	11,21	6,25	0,5	1,16	0,17	1,53	0,08	0,77	0,6	0,79	0,56	1,79
	2013	9,09	5,37	0,43	0,95	0,15	1,74	0,05	0,61	0,5	0,69	0,59	1,69
Горькое	2013	10,71	4,86	0,77	1,35	0,24	11,1	0,16	1,02	0,7	1,20	0,45	2,20
Соленое (Ольховка)	2011	10,59	4,99	0,72	1,26	0,23	1,67	0,1	0,72	0,6	1,12	0,47	2,12
	2013	8,96	4,82	0,81	1,07	0,22	1,13	0,05	0,91	0,5	0,86	0,54	1,86
Сиверга	2006	8,92	4,88	0,64	1,45	0,25	11,4	0,26	0,83	0,7	0,83	0,55	1,83
	2007	9,97	5,13	0,64	1,43	0,26	5,22	0,23	1,03	0,7	0,94	0,51	1,94
	2008	9,11	4,64	0,62	1,43	0,24	8,97	0,22	0,86	0,8	0,96	0,51	1,96
	2009	9,03	4,85	0,6	1,5	0,25	8,28	0,18	1,02	0,8	0,86	0,54	1,86
	2010	9,69	5,36	0,55	1,48	0,24	7,09	0,22	0,81	0,8	0,81	0,55	1,81
	2011	11,12	6	0,81	1,39	0,24	7,22	0,21	0,82	0,7	0,85	0,54	1,85
	2012	10,33	5,35	0,64	1,28	0,21	6,38	0,18	0,8	0,6	0,93	0,52	1,93
	2013	10,98	5,73	0,68	1,58	0,24	9,67	0,31	0,95	0,8	0,92	0,52	1,92
Шамеля	2013	8,56	4,04	0,42	0,93	0,19	3,82	0,11	0,73	0,5	1,12	0,47	2,12
Яманиган	2013	9,79	5,25	0,66	1,43	0,24	7,32	0,19	0,93	0,7	0,86	0,54	1,86
Горькое (Осинники)	2013	8,98	5,22	0,51	1,14	0,2	1,8	0,08	0,82	0,6	0,72	0,58	1,72
Филатово	2009	9,65	5,39	0,53	1,38	0,24	4	0,11	0,87	0,7	0,79	0,56	1,79
	2010	9,17	5,63	0,4	1,1	0,18	2,26	0,13	0,76	0,6	0,63	0,61	1,63
	2011	9,28	5,06	0,52	1	0,17	2	0,07	0,61	0,5	0,83	0,55	1,83
	2012	9,65	4,49	0,56	1,04	0,12	2,48	0,06	0,63	0,5	1,15	0,47	2,15
	2013	10,88	5,77	0,8	1,18	0,23	12	0,23	0,98	0,6	0,89	0,53	1,89
М. Горькое (Борки, К-	2013	9,57	4,51	0,58	1,29	0,24	10,9	0,18	0,86	0,6	1,12	0,47	2,12
Горькое (Лопырево)	2011	10,22	5,8	0,5	1,17	0,21	2,85	0,09	0,72	0,6	0,76	0,57	1,76
Шамшура	2011	9,75	5,25	0,56	1,17	0,19	1,86	0,08	0,7	0,6	0,86	0,54	1,86
Б. Курейное	2005	9,24	4,69	0,67	1,64	0,28	15,1	0,31	1,05	0,8	0,97	0,51	1,97
	2007	8,47	4,53	0,55	1,28	0,28	5,33	0,25	0,9	0,6	0,87	0,53	1,87
	2009	9,07	4,9	0,54	1,39	0,23	9,18	0,22	0,98	0,7	0,85	0,54	1,85
	2008	9,65	5,2	0,61	1,51	0,24	7,77	0,29	0,96	0,9	0,86	0,54	1,86
	2010	9,17	4,92	0,59	1,28	0,19	6,56	0,31	0,86	0,9	0,86	0,54	1,86
	2011	8,43	4,55	0,46	0,97	0,14	2,53	0,08	0,64	0,5	0,85	0,54	1,85
	2012	9,33	4,99	0,76	1,41	0,19	4,25	0,15	0,78	0,7	0,87	0,53	1,87
Сульфатное	2009	8,9	5,03	0,52	1,27	0,23	3,93	0,17	0,77	0,7	0,77	0,57	1,77
Чердынское	2005	9,67	5,53	0,5	1,34	0,21	6	0,16	0,94	0,6	0,75	0,57	1,75
	2008	10,99	6,37	0,53	1,43	0,25	5,03	0,23	0,91	0,8	0,73	0,58	1,73
мин		6,36	2,93	0,23	0,76	0,1	1	0,04	0,50	0,38	0,55	0,41	1,55
макс		12,61	7,51	0,87	1,65	0,31	17,53	0,41	1,06	0,92	1,46	0,65	2,46
сред		9,31	5,05	0,51	1,22	0,21	4,73	0,16	0,78	0,60	0,86	0,54	1,86
co		0,99	0,73	0,12	0,17	0,04	3,23	0,08	0,12	0,11	0,16	0,04	0,16
ошибка		0,062	0,046	0,007	0,011	0,002	0,202	0,005	0,008	0,007	0,010	0,003	0,010
cv		11	14	23	14	18	68	48	16	18	19	8	9

### ПРИЛОЖЕНИЕ 13

Бентосные цисты артемии в водоемах Западной Сибири

13.1 Численность бентосных цист за период 2005-2019 гг. (тыс. экз./м<sup>2</sup>)

Название водоема	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	средняя
Челябинская область																
Горькое (Троицкое)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	526	-	65	331	83	295,5
Коммунарское	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	156	-	-	-	-	156
Таузаткуль	-	-	-	-	124	173	88	103	154	58	189	-	-	-	-	119,3
Горькое (Окунево)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	390	-	1757	50	67	1073,5
Сол. Кулат	-	25	-	-	214	897	1254	231	20	44	217	-	313	339	-	351,6
Горькое (Берсеневка)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	-	-	-	27	17
Соленое (Барсучье)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1298	-	-	-	33	1298
Соленое (н.п. Журавлиное)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41	-
Бакшан (н.п. Боровое)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	-
Курганская область																
Б. Медвежье	-	44,5	16,6	63	52	46	117	101	473	29	120	2568	1636	576	155	796,7
М.Медвежье	150	504	16,8	42	98	168	321	62	164	36	427	1589	733	740	157	681,1
Соленое (Невидимое)	225	8,3	33,3	73	60	147	156	142	58	95	364	4284	14	611	69	621,7
Сорочье	-	8,3	108	113	164	366	482	276	136	283	300	291	68	600	383	463,9
Горькое (Карасье)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	797	109	-
Шашмура	-	-	-	-	-	-	354	2147	-	-	-	-	-	486	195	1250,5
Шамеля	-	-	-	-	-	-	211	47	2	10	-	-	344	169	118	622,3
Б. Курейн.-Теренколь	250	16,7	470	-	96	90	424	226	16	88	308	-	4	367	35	313,7
Ильней (Требушинное)	100	8,3	667	-	66	-	38	863	92	517	373	792	12	265	11	465,3
Соленое (Собачье)	-	-	-	-	-	1004	99	29	68	17	-	-	-	442	97	362
Актобан	117	58,3	50	-	190	-	821	327	487	98	1172	-	1490	513	91	494,1
Филатово	41,6	260	-	-	168	270	79,5	390	60	17	482	-	-	614	78	289,3
Гашково	-	-	-	-	106	2204	-	96	75	31	160	325	59	408	112	330,5
Соленое (Сетово)	-	-	-	-	-	-	95,5	-	-	-	71	-	-	-	-	83,3
Горькое (Воскресенка)	-	-	-	-	-	-	768	-	415	77	-	-	-	517	75	420
Горькое (Ново-Георгиевское)	-	41,7	-	-	100	3081	872	43	473	167	1318	5441	202	294	168	882,1
М. Горькое (Борки)	-	-	-	-	-	-	-	-	2	21	-	-	83	200	15	35,3
Горькое (Краснознаменка)	-	-	-	-	-	-	-	-	147	-	467	-	-	337	199	307
Яманиган	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	118	-

Название водоема	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	средняя
Озеро 1 (Кабанье)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	192	812	-	-	-	-	502
Соленое (Чердынское)	175	-	-	-	-	-	-	-	-	333	433	-	-	-	-	383
Тюменская область																
Соленое(Окунево)	16,6	8,3	25	20	38	822	253	82	74	375	61	136	97	350	112	203,8
Сиверга	-	83,3	8,3	42	166	1546	1117	210	616	117	1214	890	225	56	8,5	415,2
Омская область																
Ульжай	-	-	33	-	130	1334	91,5	162	49,5	404	165	1866	1043	602	88	430,4
Эбейты	-	33,3	67	430	42	1028	605	77	34	17	453	730	737	959	159	388,8
Горько-Соленое	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	484	-	-	-	484
Новосибирская область																
Атаичье	-	-	-	-	-	-	32	185	75	167	1248	1100	-	-	-	467,8
Горькое (Новоключи)	-	-	-	-	46	48	152	54	4	-	-	-	-	-	-	60,8
Горькое (Палецкое)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	188	-	1766	-	-	213	977
Горькое (Рождественка)	-	-	-	-	-	-	144	155	83	89	1952	571	-	-	117	499
Горькое (Соловьевка)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	203	-	1566	-	-	148	884,5
Горькое (Царицино)	-	-	-	-	-	-	1060	107	-	-	32	-	-	-	-	399,7
Каратаево	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1284	956	-	-	98,2	1120
Карачи	-	-	-	-	-	-	-	28	23	-	387	-	-	-	-	146
Конево	-	-	-	-	-	206	268	-	11	204	2644	1450	-	-	140	797,2
Круглое (Владимировка)	-	-	-	-	-	2291	56,7	-	-	-	-	-	-	-	-	782,6
Крутое	-	-	-	-	-	611	327	91	81	106	259	783	-	-	115	322,6
Курапатово	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1792	251	192
Лечебное (Яблон.)	-	-	-	-	-	247	208	125	38	-	279	1261	-	-	102	359,7
Малый Баган	-	-	-	-	-	-	42	-	-	-	-	-	-	317	242	42
Островное	-	-	-	-	54	690	283	287	34	248	-	-	-	-	-	266
Сахалин	-	-	-	-	-	328	598	19	93	229	1844	883	-	-	104	570,6
Соленое (Ишимское)	-	-	-	-	-	333	570	523	102	-	186	375	-	-	67,1	348,2
Соленое (Красный остров)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1278	-	-	157	1278
Соленое (Лепокурово)	-	-	-	-	-	-	116	96	272	-	-	900	-	-	148	346
Соленое (Михайловка)	-	-	-	-	-	-	-	101	54	71	613	79	-	-	-	183,6
Соленое (Мухино)	-	-	-	-	-	813	122	-	-	-	1545	131	-	-	140	652,8
Соленое (Палецкое)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3222	-	-
Соленое (Покровка)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	274	1015	-	-	-	117	644,5
Соленое (Романовка)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	833	190	-
Соленое (Ленинское, Пример)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1139	221	-

Название водоема	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	средняя	
Соленое (Ольховка)	-	-	-	-	-	45	259	203	74,5	-	856	-	-	-	-	287,5	
Соленое (Осинники)	-	-	-	-	-	-	2566	265	97	202	13	-	-	-	-	628,6	
Тухлое	-	-	-	-	-	-	230	-	-	-	-	-	-	-	-	230	
Чебаклы	-	-	-	-	-	-	-	49	34	-	-	-	-	-	-	41,5	
Южное	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	577	-	-	-	-	577	
Безымянное (с. Подольск)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	132	-	
Алтайский край																	
Б. Яровое	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5093	-	-
Кулундинское	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	198	-	-
Кучукское	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75	-	-
М.Яровое	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	248	-	-
Средняя	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	477
п																386	-
мин																2	-
макс																5441	-
среднее																401	-
со																650	-
ошибка																20	-
сv, %																162	-

13.2 – Доля бентосных цист артемии в общих запасах в водоемах Западной Сибири за период 2005-2019 гг. (%)

Название озера	20	20	20	20	20	201	201	201	20	20	20	201	201	201	201	средн
<b>Челябинская область</b>																
Горькое (Троицкое)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8	-	11,	82,	95,	48,5
Коммунарское	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66,	-	-	-	-	66,7
Таузаткуль	-	-	-	-	-	-	-	-	99,	71,	-	-	-	-	-	85,0
Горькое (Окунево)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,9	-	100	100	21,	55,9
Сол. Кулат	-	57,	-	-	-	-	-	94,	2,0	12,	-	-	38,	94,	-	49,8
Горькое	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,	20,0
Соленое (Барсучье)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56,	-	-	-	30,	43,4
Соленое (н.п.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,	28,6
Бакшан (н.п.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,1	9,1
<b>Курганская область</b>																
Б. Медвежье	7,6	53,	20,	22,	4,0	91,	8,8	22,	8,0	2,0	13,	69,	42,	46,	69,	32,0
М. Медвежье	20,	16,	1,0	20,	4,0	18,	64,	73,	4,0	2,0	46,	30,	23,	60,	79,	31,0
Соленое	69,	15,	50,	15,	5,0	6,0	30,	25,	5,0	11,	64,	59,	35,	85,	86,	37,6
Сорочье	-	16,	33,	5,0	2,0	5,0	4,8	98,	51,	30,	78,	42,	18,	94,	88,	40,6
Горькое (Карасье)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36,	94,	65,6
Шашмура	-	-	-	-	-	-	30,	-	-	-	-	-	-	50,	78,	53,1
Шамеля	-	-	-	-	-	-	13,	-	-	1,0	-	-	48,	30,	66,	32,1
Б. Курейное-	85,	1,4	77,	19,	83,	25,	4,0	29,	1,0	21,	65,	-	50,	92,	76,	45,1
Ильней	73,	51,	51,	41,	14,	61,	2,0	72,	88,	53,	25,	100	11,	97,	100	56,1
Соленое (Собачье)	-	-	-	-	-	-	-	-	29,	2,0	-	-	-	81,	66,	44,9
Актобан	52,	85,	99,	-	-	-	17,	-	66,	19,	73,	-	57,	91,	79,	64,1
Филатово	-	-	-	-	67,	60,	14,	92,	56,	5,0	92,	-	-	98,	88,	63,8
Гашково	-	-	-	-	-	93,	3,1	73,	3,0	2,0	33,	17,	9,6	35,	86,	35,7
Соленое (Сетово)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60,	-	-	-	-	60,0
Горькое	-	-	-	-	-	-	-	-	39,	21,	-	-	-	24,	100	46,0
Горькое (Ново-	-	2,3	-	-	45,	64,	5,5	39,	44,	18,	47,	95,	14,	29,	26,	35,9
М. Горькое (Борки)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0	-	-	90,	96,	100	72,7
Горькое	-	-	-	-	-	-	-	-	91,	30,	49,	-	-	97,	100	73,5
Яманиган	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-	-	12,	94,	36,5
Озеро 1 (Кабанье)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42,	43,	-	-	-	-	42,5
Соленое	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48,	7,3	-	-	-	-	27,7
<b>Тюменская область</b>																
Соленое (Окунево)	40,	10,	48,	-	-	-	-	51,	-	2,0	2,8	50,	98,	53,	41,	39,8
Сиверга	-	11,	2,6	11,	9,0	94,	45,	78,	95,	37,	94,	90,	100	94,	97,	61,4
<b>Омская область</b>																
Ульжай	-	-	22,	-	-	-	13,	95,	3,0	34,	53,	89,	80,	26,	12,	43,2
Эбейты	-	6,2	40,	81,	6,0	52,	30,	99,	25,	14,	4,5	88,	56,	37,	21,	40,2
Горько-Соленое	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	100,0
<b>Новосибирская область</b>																
Атаичье	-	-	-	-	-	-	17,	-	14,	-	-	94,	-	-	-	42,1
Горькое	-	-	-	-	-	-	-	20,	-	-	-	-	-	-	-	20,0
Горькое (Палецкое)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53,	28,	78,	-	-	58,	54,5
Горькое	-	-	-	-	-	98,	-	-	91,	61,	79,	39,	-	-	23,	65,4
Горькое	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41,	-	78,	-	-	88,	69,1
Горькое (Царицино)	-	-	-	-	-	-	8,5	8,0	53,	-	40,	-	-	-	-	27,6
Каратаево	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80,	41,	-	-	52,	58,0
Карачи	-	-	-	-	-	-	-	4,0	2,0	-	-	-	-	-	-	3,0
Конево	-	-	-	-	-	21,	-	99,	34,	33,	35,	69,	-	-	20,	44,5
Круглое	-	-	-	-	-	66,	100	-	98,	44,	23,	30,	-	-	97,	65,5
Крутое	-	-	-	-	-	-	40,	-	-	-	-	-	-	-	-	40,0

Название озера	20	20	20	20	20	201	201	201	20	20	20	201	201	201	201	средн	
Курапатово	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60,	57,	58,9
Лечебное (Яблон.)	-	-	-	-	-	29,	-	95,	1,0	-	56,	36,	-	-	-	41,	43,3
Малый Баган	-	-	-	-	-	-	10,	-	-	-	-	-	-	-	-	96,	53,5
Островное	-	-	-	-	-	-	-	99,	72,	-	-	-	-	-	-	-	85,5
Сахалин	-	-	-	-	-	54,	-	48,	-	69,	52,	38,	-	-	-	36,	49,8
Соленое (Ишимское)	-	-	-	-	-	84,	18,	66,	36,	-	62,	19,	-	-	-	97,	54,8
Соленое (Красный)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80,	-	-	-	76,	78,1
Соленое	-	-	-	-	-	-	9,1	100	-	-	-	55,	-	-	-	45,	52,3
Соленое	-	-	-	-	-	-	-	99,	13,	11,	80,	85,	-	-	-	-	57,9
Соленое (Мухино)	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	53,	3,9	-	-	-	36,	48,3
Соленое (Палецкое)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95,	-	-	95,7
Соленое (Покровка)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40,	-	-	-	-	-	98,	69,0
Соленое (Романовка)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76,	100	-	88,3
Соленое (Ленинское,	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	77,	49,	-	63,1
Соленое (Ольховка)	-	-	-	-	-	83,	7,5	95,	40,	-	89,	-	-	-	-	-	63,0
Соленое (Осинники)	-	-	-	-	-	-	98,	8,0	5,0	97,	33,	-	-	-	-	-	48,4
Тухлое	-	-	-	-	-	-	20,	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,3
Чебаклы	-	-	-	-	-	-	9,6	-	-	-	68,	-	-	-	-	-	39,2
Южное	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62,	41,	-	-	-	-	51,7
Безымянное (с.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98,	98,7
Алтайский край																	
Б. Яровое	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49,	-	49,1
Кулундинское	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43,	-	43,1
Кучукское	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-	1,2
М.Яровое	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42,	-	42,1
Республика Крым																	
Западный Сиваш	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99,	-	99,9
Западный Сиваш	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98,	-	98,4
Западный Сиваш ст.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	100,0
Восточный Сиваш	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>В среднем</b>	49,	27,	40,	26,	23,	58,	24,	64,	37,	29,	49,	60,	49,	66,	65,	-	52,5
Средняя по всем	48,7																
со	33,1																
сv, %	68																
ошибка средней	2,6																

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдиев Ж.А., Коломин Ю.М., Фефелов В.В. Биологические ресурсы водоемов Северного Казахстана // Животный мир Казахстана и сопредельных территорий. - 2012. - С. 35-36.
2. Абросимова Е.К. Минеральные озера Зауралья и процессы материковой метаморфизации, происходящие в них// Вопросы курортологии и физиотерапии на Урале. - Свердловск, 1967. - С. 21 - 26.
3. Аладин Н.В., Плотников И.С., Смуров А.О., Макрушин А.В. Ракообразные Аральского моря // Зоологический журнал, 2020. - Т. 99, № 6.- С. 622-640.
4. Алекин О.А. Основы гидрохимии, Л., 1970. - 228 с.
5. Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши. — Л.: Гидрометеиздат, 1973. — 271 с.
6. Алтуфьева К.А., Оглезнева Е.В. Кормовая ценность артемии солины // Рыб.хоз-во. – 1984. №1. – С. 35-36.
7. Аникин В.П. Некоторые биологические наблюдения над ракообразными из рода *Artemia* // Известия Томского университета. – 1898. – Т. 14. – С. 100–200.
8. Ануфриева Е.В. Ракообразные гиперсолёных водоёмов Крыма: фауна, экология, распространение: автореф. дис. канд. биол. наук: 03.02.10. Севастополь, 2014. 23 с.
9. Ануфриева Е.В., Шадрин Н.В. Гипотеза происхождения *Artemia urmiana* (Anostraca, Crustacea) в Крыму: попытка палеорекострукции//Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского Серия «География». Т. 26 (65), № 2. 2013. - С. 3–8.
10. Ануфриева Е.В., Шадрин Н.В., Фаунистическое разнообразие в гиперсолёных водоемах Крыма // Journal of Siberian Federal University. Biology. – 2018. 11(4). – С. 294-305.
11. Ануфриева Е.В., Шадрин Н.В. Жизнь в экстремальной среде. Животные в экосистемах гиперсолёных вод / ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН». – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2023. – 183 с.
12. Аракчаа К.Д., Карабибер С.В., Юмбуу Е.А. Минеральные озера Убсунурской котловины // Глобальный мониторинг и Убсунурская котловина: Тр. IV Междунар. симп. программы «Эксперимент Убсу-Нур». (15–18.08.1995, Улангом). – М.: Интеллект, 1996. – С. 142–146.
13. Базарова Б.Б., Куклин А.П., Афолина Е.Ю., Матафонов П.В., Итигилова М.Ц., Горлачева Е.П., Афонин А.В., Цыбекмитова Г.Ц. Флуктуации водных экосистем Онон-

Торейской равнины // Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития: Мат. Междунар. конф.. Т. 2. Улан-Батор, 2015.

14. Балущкина В.Е., Голубков С.М., Голубков М.С., Литвинчук Л.Ф. Структурно-функциональные характеристики экосистем малых соленых озер Крыма // Биология внутренних вод, 2007, №2, С. 11-19.

15. Балущкина Е.В., Голубков С.М., Голубков М.С., Литвинчук Л.Ф., Шадрин Н.В. Влияние абиотических и биотических факторов на структурно-функциональную организацию экосистем соленых озер Крыма // Журнал общей биологии. – 2009. – Т. 70, № 6. – С.504-514.

16. Балущкина Е.В. Оценка качества воды и состояния водоемов разного типа по характеристикам сообществ донных животных // Труды Зоологического института РАН, 2016. - 320(3). Р. 262-279

17. Бамбеева В.И. Динамика численности популяции жабронога *Artemia salina* L. в весенне-летний период 2003 г. в гипергалинном водоеме Калмыкии (озеро «Большое Яшалтинское») // Тез. докл. II Межд. науч. конф. «Биотехнология - охране окружающей среды» - М.: «Спорт и Культура», 2004 г. - С. 13.

18. Бамбеева В.И., Бакташева Н.М., Дедова Э.Б. Комплексная характеристика биоценоза гипергалинного водоема Калмыкии // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». – 2009. – № 3. – С. 20-24

19. Биоразнообразие Артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование. Тез. докл. междунар. научно-исслед. семинара /под ред. А.И. Литвиненко, Ж. Ван Стаппена – Тюмень, СибрыбНИИпроект, 2002. – 91 с.

20. Богатова И.Б. Рыбоводная гидробиология. — М.: Пищевая промышленность, 1980 — 168 с.

21. Богатова И.Б., Щербина М.А., Овчинникова В.В. Химический состав некоторых планктонных животных при разных условиях выращивания // Гидробиол. журнал. – 1971. - № 5. – С. 54-58.

22. Бойко Е.Г., Литвиненко Л.И. Характеристика российских популяций артемии: морфометрия, цитогенетика // Аграрная наука на современном этапе: сборник научных трудов, посвященный 45-летию академии и 60-летию Тюменской области. – Тюмень, 2004. – С. 47-49.

23. 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 26-30 вересня 2005 р. – Київ, 2005. – С. 30-38.

24. Бойко Е.Г., Волков А.А. Биоразнообразие и применение в аквакультуре гипергалинного рачка *Artemia* // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. - 2009. – № 8. - С. 52–60.
25. Бойко Е.Г., Мюге Н.С. Видовая и популяционная идентификация артемии (*Artemia* sp.) в водоемах Российской Федерации // X Съезд Гидробиологического общества при РАН. Тезисы докладов. Владивосток: Дальнаука, 2009. – С. 495.
26. Бойко Е.Г. Динамика изменения морфометрических параметров рачков рода *Artemia* озера Медвежье Курганской области / Аграрный вестник Урала № 1 (80). – 2011. С. 21-23.
27. Бойко Е.Г., Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И. Сравнительная морфометрическая характеристика рачков рода *Artemia* уральских и западно-сибирских популяций в годы с разной водностью // Агропродовольственная политика России. 2016. № 12 (60). С. 63–70.
28. Бойко Е.Г., Литвиненко Л.И., Воронцова П.И. Морфометрическая характеристика половозрелых самок артемии из озера Эбейты Омской области в разные вегетационные сезоны// АПК: инновационные технологии. 2022. - № 2 (57).- С. 11-19.
29. Бойко Е.Г., Литвиненко Л.И., Мюге Л.Н., Мюге Н.С. Оценка популяционно-генетической структуры артемии в водоемах северной части Евразийского гаплотипного комплекса // АПК: Инновационные технологии. - 2023. - №4 – С.
30. Борисова О.А, Половинко А.Е., Жиглявская О.А. Современные лекарственные средства, витамины и минералы // Издательство: АСТ. – 2009. - 896 с.
31. Боровская Р.В., Жугайло С.С., Пугач М.Н., Аджиумеров Э.Н., Кривогуз Д.О. Современное состояние среды обитания промысловых беспозвоночных гипергалинных озер Крыма // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2020. – Т. 3, № 4. – С. 35–49.
32. Бульон В.В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. — Л.: Наука, 1983. — 150 с.
33. Бульон В.В., Анохина Л.Е., Аракелова Е.С. Первичная продукция гипергалинных озер Крыма. - Труды Зоологического института АН СССР. – 1989. – 205. Р. 14–25.
34. Буфал В.В., Густокашина Н.Н., Трофимова И.Е. Изменение климата на территории Иркутской области в XX веке // Формирование экстремальной водности. Иркутск, 2004. С. 54-59.
35. Буяров В.С., Юшкова Ю.А. Результаты выращивания молоди судака от подрощенной личинки / Сборник статей Всероссийской научной конференции «Современные научно-практические решения в АПК» // Тюмень. ГАУ СЗ. 2017. - С. 295-301.

36. Быков М.И., Есауленко Е.Е., Басов А.А. Экспериментальное обоснование использования льняного масла и масла из плодов грецкого ореха в гастроэнтерологической практике // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2015. – №6(118). – С. 53-56.
37. Валькова О.А. Забытое интервью: беседа с Надеждой Станиславовной Гаевской // Историко-биологические исследования. 2013.-Т.5. №2. - С.89-105.
38. Васенко В.И., Гулов О.А., Ежов В.В., Хохлов В.А., Чабан В.В. Перспективы, проблемы освоения, изучения прибрежных соленых озер и проявлений грязевого вулканизма Крыма // Вестник физиотерапии и курортологии № 3, 2018.- С.128-134.
39. Вдовченко М.А., Рождественский М.И. Опыт получения личинок иртышской стерляди в условиях Абалакского экспериментального рыбозаводного завода / Современное состояние и перспективы развития Аквакультуры: Материалы международной научно-практической конференции. - Горки, 1999 а. – С. 65-67.
40. Вдовченко М.А., Рождественский М.И. Особенности выращивания молоди сибирского осетра обской популяции (СООП) и иртышской стерляди (ИС) в лотках с проточной водой / Современное состояние и перспективы развития Аквакультуры: Материалы международной научно-практической конференции. - Горки, 1999 б. – С. 68-70.
41. Вдовченко М.А., Рождественский М.И. Особенности биотехнологии получения личинок сибирского осетра и стерляди в условиях Тюменской области / Материалы научно-практической конференции «Проблемы и перспективы рационального использования рыбных ресурсов Сибири». - Красноярск, 1999в. – С.162-167.
42. Вдовченко М.А., Рождественский М.И., Сергиенко Л.Л. Особенности получения личинок сибирской стерляди (*Acipenser ruthenus marsiglii* Brandt) в условиях Абалакского осетрового завода (АОРЗ) / Тезисы докладов первой научно-практической конференции «Проблемы современного товарного осетроводства». - Астрахань, 1999 а. – С. 9-11.
43. Вдовченко М.А., Рождественский М.И., Сергиенко Л.Л. Результаты экспериментальных работ по выращиванию молоди сибирской стерляди и сибирского осетра в лотках с проточной водой в условиях Абалакского осетрового заводного завода (АОРЗ) / Тезисы докладов I научно-практической конференции «Проблемы современного товарного осетроводства». - Астрахань, 1999 б. – С. 22-24.
44. Верещагин А.Л., Баташов Е.С. Изучение жирнокислотного состава цист *Artemia* sp., обитающих в соленых озерах алтайского края // Производные хитозана и стимуляторы роста в сельском хозяйстве. Матер. 5-й Межрегион. научно-практ. конфер. -2008. - С. 10-13.

45. Верещагина Н.В. Материалы к изучению водорослей Кулундинского озера // Актуальные проблемы современной лимнологии. Тез. докл. I Всесоюз. конф. молодых ученых по проблемам современной лимнологии. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1988. С. 11-12.
46. Веснина Л.В. Журавлев В.Б., Новоселов В.А. и др. Водоемы Алтайского края: биологическая продуктивность и перспективы использования. – Новосибирск: Наука, 1999. – 285 с.
47. Веснина Л.В., Митрофанова Е.Ю., Лисицина Т.О. Планктон соляных озер территории замкнутого стока (юг Западной Сибири, Россия) // Сибирский экологический журнал, 2005. - №2. – С. 221-233.
48. Веснина Л.В., Ронжина Т.О. Результаты мониторинговых исследований промысловых гипергалинных озёр Алтайского края // Вестник Новосибирского Государственного Аграрного университета. – Новосибирск, 2011. – С.46-51.
49. Веснина Л.В., Пермьякова Г.В., Ронжина Т.О. Биота промысловых гипергалинных озер Алтайского края в трансгрессивную и регрессивную фазы водности // Вестник Камчатского гос. тех.ун-та. – 2012. – №21 – С. 25-32.
50. Веснина Л.В., Пермьякова Г.В. Динамика численности и особенности распределения разновозрастных особей жаброногого рачка рода *Artemia* Leach, 1819 в глубоководном озере Большое Яровое Алтайского края // Вестник Томского гос. ун-та. 2013. №1 (21). С. 89-102.
51. Веснина Л.В. Экосистема гипергалинных озер юга Западной Сибири // Морские биологические исследования: достижения и перспективы: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. (г. Севастополь, 19–24 сентября 2016 г.). – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. – С. 260–263
52. Веснина Л.В. Цисты артемии Алтайского региона - основа российского биосырья // Инновация и продовольственная безопасность №4 (18). 2017. - С.56-59.
53. Веснина Л.В. Экосистема озера Кулундинское в период опреснения // «Вестник НГАУ» – 1 (50). - 2019. – С. 68-77.
54. Веснина Л.В., Лукерина Г.В., Ронжина Т.О. Численные и продукционные изменения популяции рачка *Artemia* Leach, 1819 в гипергалинном озере Кучукское Алтайского края в условиях трансгрессивной фазы водности//Вестник Камчат. ГТУ. №49. - 2019а.- С.36-42.
55. Веснина Л.В., Лукерина Г.В., Ронжина Т.О. Результаты многолетнего экологического мониторинга гипергалинного озера Большое Яровое, г. Славгород Алтайского края // Рыбное хозяйство. - 2019б. - 4. С. 19-27.
56. Веснина Л.В. Условия формирования популяций артемии и их продукционные показатели в разнотипных гипергалинных озерах Алтайского края «Инновации и

продовольственная безопасность» № 4(30)/2020. С. 87-100. DOI:10.31677/2072-6724-2020-30-4-87-100

57. Вехов Н.В., Вехова Т.П. Особенности жизненного цикла *Artemia salina* в мелких пересыхающих озерах (Черноморский заповедник и его окрестности, Украина) // Экология. — 1994. — № 6. — С. 53–61.

58. Визер Л.С. Зоопланктон озера Чаны в условиях аридизации климата // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: тр. всеросс. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 25-летию Ин. водных и экологических проблем СО РАН. Барнаул, 2012. Т. 2. С.59-63.

59. Винберг Г.Г. Первичная продукция водоемов. — Минск: Изд-во АН БССР, 1960. — 329 с.

60. Водоемы Алтайского края: биологическая продуктивность и перспективы использования / Л.В. Веснина, В.Б. Журавлев, В.А. Новоселов и др. – Новосибирск: Наука, 1999. – 285 с.

61. Вольф Л.А. Экологические особенности жаброногого рачка (*Artemia parthenogenetica* Varigozzi, 1974) в соленых водоемах Северного Казахстана): автореф. дис. канд. биол наук. – Омск, 2011. – 17 с.

62. Воробьев В.П. Гидробиологический очерк Восточного Сиваша и возможности его рыбохозяйственного использования // Тр. АзЧерНИРО. – 1940. – Вып. 12. – С. 69-164.

63. Воронихин Н.Н. Материалы к изучению альгологической растительности Кулундинской степи // Изв. Бот. сада. – 1929. – 28. -Вып.1-2-.С.12-40.

64. Воронихин Н.Н. Водоросли минерализованных водоемов Кулундинской степи // Ботанические материалы отдела споровых растений 1950. – Т.6. - Вып. 7-12. - С. 129-134.

65. Воронов П.М. О некоторых особенностях размножения *Artemia salina* // Зоол. журн. - 1971. -Т. 50, вып. 6. - С. 937–938.

66. Воронов П.М. Сезонная численность и биомасса артемии и ее яиц в соленых озерах Крыма // Вопросы рационального морского рыболовства и воспроизводства морских рыб и беспозвоночных. - М.: Труды ВНИРО, 1973. - Т. 94. - С. 170–178.

67. Воронов П.М. Активация яиц *Artemia salina* // Зоол. журн. - 1976. - Т. 150, вып. 4. - С. 521-525.

68. Воронов П.М. Солевой состав воды и изменчивость *Artemia salina* (L.) // Зоол.журн. - 1979. - Т. 58, вып. 2. - С. 175-178.

69. Воронов П.М. Влияние соединений натрия на выклев и выживаемость науплиусов *Artemia salina* L. // Гидробиол.журн. - 1984. - Т. 20, № 1. - С. 93–94.

70. Воронов П.М. Инструкция по заготовке, очистке, активации, инкубации и контролю за жизнеспособностью яиц артемии. - Краснодар: Красн. фил. ВНИПРХ, 1986. - 18 с.
71. Воскресенский К.А., Хайдаров И.Ш. Стимуляция выклева науплиев из яиц артемии // Вестн. МГУ. Биология, почвоведение. -1967. - № 1. -С. 3–11.
72. Воскресенский К.А., Хайдаров И.Ш. Выносливость артемии к концентрации газов, растворенных в воде // Вестн. МГУ. - 1968. -№ 1. - С. 22–27.
73. Гаевская Н.С. Изменчивость у *Artemia salina* (L) // Тр. особой зоол. лаб. АН. - 1916. - Т. 3, сер. 2. - С. 1-37.
74. Гамыгин Е.А., Спекторова Л.В. Физиологические и экологические основы рационального кормления гидробионтов // Биологические основы марикультуры. М.: ВНИРО. 1998. - С. 216-245.
75. Гвишиани А.Д., Старостенко В.И., Сумарук Ю.П. и др. Уменьшение солнечной и геомагнитной активности с 19-го по 24-й цикл // Геомагнетизм и аэрономия. - 2015. – Т. 55. - № 3. - С. 314-322.
76. Гершанович А.Д., Пегасов В.А., Шатуновский М.И. Экология и физиология молоди осетровых // М.: ВО Агропромиздат. - 1987. - 52 с.
77. Гиляров А.М. Популяционная экология: учеб. пособие. - М.: Изд-во МГУ, 1990. - 191 с.
78. Глухих И.М. Результаты полевых экспериментов по инкубации цист и вселению науплиусов артемии в модельные гипергалинные озера // АПК: инновационные технологии. - 2023 - № 3 (62). - С. 41-47.
79. Голуб М.А. Популяция *Artemia salina* L. в озере Саки в 2010 году // Материалы конференции «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды». 2011, с. 102.
80. Голубев А.П. Изменчивость количественных параметров роста и воспроизводства у *Artemia* (Crustacea, Anostraca) как фактор адаптации к условиям среды и механизм преобразования жизненных циклов // Биоразнообразие артемии в странах СНГ. Тюмень, 2004. С. 105–115.
81. Голубков М.С. Первичная продукция планктона и деструкция органических веществ в соленых озерах Крымского полуострова // Биол. внутр. вод.- 2012. 4. С. 31–37.
82. Голубкова С.М., Шадрин Н. В., Голубков М.С., Балущкина Е.В., Литвинчук Л.Ф. Пищевые цепи и их динамика в экосистемах мелководных озер с различной соленостью воды// Экология. - 2018. - №5. - С. 391-398.

83. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Климат России: потепление продолжается // Наука и жизнь. - 2003. № 11. - С. 56-61.
84. Гулов О.А. Экоцид крымских соляных озер // Сб. Теория и практика восстановления внутренних водоемов. – СПб.: изд-во «Лема», 2007. – 394 с.
85. Гунько А.Ф., Плескачевская Т.Г. Результаты применения артемий для питания молоди осетровых // Вопросы ихтиологии. – 1962. – 2, вып. 2/23. – С. 371-374.
86. Гусев Е.Е. Гипергалинная аквакультура // М.: ВО Агропромиздат. - 1990.- 159 с.
87. Гусев Е.Е. Живой корм – артемия салина // Информационные материалы . Серия: аквакультура. М.: ВНИЭРХ. 1991. - 58 с
88. Гусева Н.В., Копылова Ю.Г., Хващевская А.А., Сметанина И.В. Химический состав соленых озер Североминусинской котловины, Хакасия // Известия Томского политехнического университета. - 2012. - Т. 321, №1- С. 163-168.
89. Данилова Е.Р. Делимся опытом: воспроизводство сибирского осетра ленской популяции /М.: Рыбоводство, №№3-4. 2019. - С. 46-49.
90. Дедова Э.Б., Иванова В.И., Кониева Г.Н. Экологический мониторинг водоёмов Кумо-Маньчской впадины // Теоретическая и прикладная экология. - 2020. - № 3 - С.84-90. doi: 10.25750/1995-4301-2020-3-084-090.
91. Дексбах Н.К., Анферова Л.В. Рачок артемия и лечебная грязь // Природа. - 1971. - № 3. - С. 79–80.
92. Дзенс-Литовский А.И. Методы комплексного исследования и разведки озерных соляных месторождений // Тр. ВНИИГ, Госхимиздат, 1957, вып. XXXIV .- 212 с.
93. Дзенс-Литовский А.И. Соляные озера СССР и их минеральные богатства. - Л.: Недра, 1968. — 119 с.
94. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. – Москва, 2019. – 79 стр.
95. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. – Москва, 2020. – 97 стр.
96. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. – Москва, 2021. – 104 стр.
97. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 год. – Москва, 2022. – 104 стр.
98. Дьяковская Е.Э., Морузи И.В., Пищенко Е.В. Биохимический анализ цист Artemia гипергалинных озер Купинского района Новосибирской области. Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2016. № 8 (128). С. 24-32.

99. Долматова Л.А. Сезонная динамика гидрохимических характеристик оз. Большое Яровое // Мир науки, культуры, образования - № 6 (25) - 2010.- С.272-277.
100. Евграфова В.И., Колпакова М.Н. Формы миграции химических элементов в соленых озерах Кулундинской равнины с учетом химической типизации // Проблемы геологии и освоения недр. - 2017. - С.542-543.
101. Евстигнеев В.В., Подуровский М.А., Соловов В.П. Основы сырьевой базы гидробионтов. - Барнаул: АлтГТУ, 1997. - 109 с.
102. Егоркина Г.И., Павлова Е.К., Верещагин А.Л., Бычин Н.В. Кириллов В.В., Романова Н.С. К вопросу об идентификации партеногенетических популяций артемии в сибирском регионе // Вестник Алтайского гос. Аграрного университета. – 2008. - №6(44). - С.44-47.
103. Егоров А.Н., Космаков И.В. География и природопользование соленых озер. – Новосибирск: Наука, 2010. – 184 с.
104. Ермаханов З.К., Жубанов К.У., Балымбетов К.С., Самбаев Н.С., Калымбетова М.Т. Оценка современного состояния популяций жаброногого рачка артемии Большого Арала // Современные проблемы зоологии и паразитологии - Материалы VIII Междунар. науч. конф. ред. С. П. Гапонова ; Воронежский гос. университет. 2016.Издательство: Издат. дом ВГУ. С. 68-74.
105. Ермолаева Н.И. Особенности распределения зоопланктона в озерах различной минерализации Барабинско-Кулундинской озерной провинции (юг Западной Сибири) // Матер. Международн. конф. «Экология водных беспозвоночных». - Ярославль: Принтхаус, 2010. - С. 90-93.
106. Журавлев О.И., Петерфельд В.А. Разработка биотехники искусственного воспроизводства озерно-речного сига бассейна реки Баргузин / Материалы совещания «Биология, биотехника разведения и состояния запасов сиговых рыб» // Тюмень. ФГУП «Госрыбцентр». 2013. - С. 86-91.
107. Заика В.В. Озеро Дус-холь (Сватиково) в вегетационный период. Центральная Тува // Вестник Тувинского государственного университета Вып. 2. Естественные и сельскохозяйственные науки, № 1 (57), 2020. С. 20-30.
108. Закон Республики Казахстан от 9 июля 2004 года № 593-III. Об охране, воспроизводстве и использовании животного мира.
109. Иванов С.А., Литовченко Ж.С., Кошелев В.Н. Использование *Artemia salina* для подращивания личинок амурского осетра (*Acipenser schrenckii* Brandt, 1869) // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития : материалы Четвертой Междунар. науч.-

практ. конференции «Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития». - Астрахань, 2006. - С. 244-247.

110. Иванова В.И., Кониева Г.Н., Бакташева Н.М. Влияние экологических факторов на рост и продуктивность артемии в гипергалинных водоёмах Калмыкии // Естественные науки. 2012. - № 3 (40). - С. 51–55.

111. Иванова В.И. Экологическое состояние и генезис биоты гипергалинных водоемов Калмыкии – автореф. канд. дис. биол. наук, Саратов, 2013. – 19 с.

112. Иванова В.И. Особенности развития популяции жаброногого рачка *Artemia salina* L. в гипергалинных водоемах Калмыкии // Фундаментальные и прикладные исследования: от теории к практике. Матер. II междунар. научно-практ. конференции. 2018. Т. 3. - С.232-235.

113. Ивлев В.С. Энергетический баланс карпов // Зоол. журн. - 1939. - Т. 18, № 2. - С. 303–317.

114. Ивлева И.В. Биологические основы и методы массового культивирования кормовых беспозвоночных. — М.: Наука, 1969. — 171 с.

115. Игнатенко М.Е., Т.Н. Яценко-Степанова, Е.А. Селиванова, Немцева Н.В. Дополнение к альгофлоре водоемов Оренбуржья //Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал). - 2013. - №2. - С.1-15.

116. Инструкция по использованию артемии в аквакультуре. Литвиненко Л.И., Мамонтов Ю.П., Иванова О.В., Литвиненко А.И., Чебанов М.С. Тюмень: СибрыбНИИпроект, 2000. 58 с.

117. Ипатова Л.Г., Кочеткова А.А., Нечаев А.П., Тутельян В.А. Жировые продукты для здорового питания. Современный взгляд. // М.: ДеЛи принт, 2009. - 396 с.

118. Исаченко Б.Л. Хлористые, сульфатные и содовые озера Кулундинской степи и биогенные процессы в них // Кулундинская экспедиция АН СССР 1931–1933 гг. Л.: Изд-во АН СССР, 1934. Ч. 1. Вып. 8. С. 143–162.

119. Йошев Л., Людсканова Ж. Выращивание *Artemia salina* в качестве корма для растительноядных рыб // Рибно стопанство (болг.). 1971. Т. 18. № 7. - С. 7-8.

120. Казанцева Е.С., Даудова Г.П., Чернова П.В. Тиляпия как перспективный объект разведения в условиях Астраханской области //Материалы Международного симпозиума «Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата» /Астахань. Издательство АГТУ. 2007. - С. 115-117.

121. Калымбетова М.Т. Современное состояние запасов жаброногого рачка артемии в Большом Аральском море // Научный альманах — 2022. — №4-3 (90) — С. 27-33

122. Кирова Н.А., Ойдуп Ч.К., Кальная О.И. Артемиевые озёра Тувы // Региональная экономика: технологии, экономика, технологии и инфраструктура : матер. междунар. науч.-практ. конф. Кызыл: Тувинский ин-т комплексного освоение природных ресурсов СО РАН, 2015а. - С.227-229.
123. Кирова Н.А., Кальная О.И., Ойдуп Ч.К. Данные по зоопланктону солёных озёр российской части Убсунурской котловины // Региональная экономика: технологии, экономика, технологии и инфраструктура: материалы междунар. науч.-практ. конф. Кызыл: Тувинский ин-т комплексного освоение природных ресурсов СО РАН, 2015б. - С. 229 – 333.
124. Кирова Н.А., Кальная О.И., Аюнова О.И. К вопросу о гидрохимии и биологии оз. Дус-Холь (Тува) // Изв. Алтайского отд-ния Рус. геогр. о-ва. - 2018. № 4. - С. 82 – 88 doi10.24411/2410-1192-2018-10007.
125. Кирова Н.А. Особенности видового состава зоопанктона минерализованных водных объектов особо охраняемых природных территорий Улуг-Хемской котловины (Республика Тува) // Поволжский экологический журнал. 2020. № 4. С. 398 – 414
126. Киселев А.И. Планктон морей и континентальных водоемов. – Л.: Наука, 1969. Т.1.- 658 с.
127. Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон — М.: Наука, 1984. — 207 с.
128. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов – Петрозаводск, Карельский науч. центр РАН, 2007. – 395 с.
129. Кнорр А.Ф., Царева Г.А., Ли С.С. и др.. Патент: Способ заготовки цист рачка *Artemia*, 2007 R 2 360 408 C2.
130. Ковачева Н.П., Литвиненко Л.И., Саенко Е.М., Жигин А.В., Кряхова Н.В., Сёмик А.М. Современное состояние и перспективы развития аквакультуры артемии в России // Труды ВНИРО. Москва: ВНИРО, 2019.- Т. 178. - С. 150-171.
131. Козлов В.И. Справочник фермера-рыбовода //М.: ВНИРО. 1998. – 448 с.
132. Козлов О.В., Коев А.В., Садчиков А.П. Беспозвоночные как объект промысла в условиях стабилизации состояния озераньё экосистем // Вестник КГУ, 2005. №4. С. 22-23.
133. Козлов О. В., Аршевский С. В., Аршевская О. В., Павленко А. В. Гипергалинный лимнопланктон юго-запада Западно-Сибирской равнины// III Международная конференция «Актуальные проблемы планктонологии». Материалы конференции. – Калининград: АтлантНИРО, 2018. - С. 104-107.

134. Колпакова М.Н., Борзенко С.В., Исупов В.П., Шацкая С.С., Шварцев С.Л. Гидрохимия и геохимическая типизация соленых озер степной части Алтайского края // Вода: химия и экология. 2015. № 1. С. 11-16.
135. Константинов А.С. Общая гидробиология. — М.: Высш. шк., 1986. — 472 с.
136. Корентович М.А., Багаев В.А., Жердев К.А. Результаты использования препарата «АРФИТ» при выращивании молоди белоногой креветки *Penaeus vannamei* на частной рыболовной ферме КНР // Сборник материалов Международной конференции «Современное состояние и развитие аквакультуры: экологическое и ихтиопатологическое состояние водоемов и объектов разведения, технологии выращивания». Новосибирск. НГАУ. 2020. - С. 106-110. ISBN 978-5-94477-289-3.
137. Корентович М.А., Литвиненко Л.И., Зенкович П.А. Способ обогащения науплиусов артемии микробным белком гапгрином и жирными кислотами для кормления личинок осетровых рыб / Патент на изобретение РФ № 2 785 671. 2022. – 7 с., табл.
138. Костылев В.А. Выращивание молоди веслоноса на установке с оборотным водоснабжением // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития : материалы четвертой Междунар. науч.-практ. конференции «Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития». Астрахань, 2006. - С. 148-151.
139. Косачева Ю.Н., Митрофанова Е.Ю. Таксономическое разнообразие и структура фитопланктона в разнотипных озерах Кулундинского бассейна (Алтайский край)// Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии, 2022. – Т. 21, №2. С. 76-82. doi: 10.14258/pbssm.2022058.
140. Краснодембская К.Д., Семенкова Т.Б. Основные принципы биотехники перевода на экзогенное питание личинок сибирского осетра при бассейновом выращивании // Осетровое хозяйство водоемов СССР: тез. докл. Астрахань. - 1984. - С. 159-162.
141. Кривенко В.Г. Природная циклика нашей планеты. Вестник РАЕН. 2010. Т. 10. №3. С.25-29.
142. Крючкова Н.М. Роль фильтраторов зоопланктона в трофодинамике пресных вод: автореф. докт. дис. ... д-ра биол. наук. — Л: ЗИН АН СССР, 1984. — 38 с.
143. Кряхова Н.В., Борисов Р.Р., Ковачева Н.П. Динамика суточного рациона личинок камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* // Международная научно-практическая конференция «Аквакультура Европы и Азии: реалии и перспективы развития и сотрудничества» / Улан-Удэ. Госрыбцентр. 2011. - С. 97-99.
144. Кузнецов Н.Т. Пульсация уровней воды в озерах Северного Казахстана // Озера Северного Казахстана. Алма-Ата, 1960. С. 57-79.

145. Курочкин В.Ю., Федоров А.А., Хорошавина Е.И., Волкова Н.А. Природные ресурсы озера Медвежье Курганской области, вопросы их формирования, комплексного использования и охраны // Курортная медицина. 2014. – 4. Р. 8-13.
146. Куцанов К.В., Литвиненко Л.И., Глухих И.М., Герасимов А.Г., Разова Л.Ф. Экспериментальные исследования по внесению науплиусов артемии в модельный гипергалинный водоем (озеро Соленое, Тюменская область)// Сб. «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса. М.: Изд-во ВНИРО, 2019. С.228-230.
147. Корентович М.А., Литвиненко Л.И., Зенкович П.А. Способ обогащения науплиусов артемии микробным белком гаприном и жирными кислотами для кормления личинок осетровых рыб / Патент на изобретение РФ № 2 785 671. 2022.
148. Лантушенко А.О., Мегер Я.В., Гаджи А.В., Ануфриева Е.В., Шадрин Н.В. Первое обнаружение *Artemia franciscana* и *A. sinica* (*Anostraca*) в Крыму // Актуальные проблемы изучения ракообразных. Борок, 2022, С. 34.
149. Лаптева Н.А., Соколова Е.А. (2013) Структурно-функциональные характеристики сообщества микроорганизмов в гипергалинном оз. Сакское // Труды зоологического института РАН, 2013. 317(S3). Р. 136-143.
150. Леонова Г.А., Бобров В.А., Богуш А.А., Бычинский В.А., Аношин Г.Н. Геохимическая характеристика современного состояния соляных озер Алтайского края // Геохимия, 2007. - №10. - С. 1114-1128.
151. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Соловов В.П. и др. Биогеография и характеристика природных мест обитания сибирской артемий // Биоразнообразие артемий в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование: сб. докл. междунар. науч.-иссл. семинара 17–19 июля 2002 г., Москва. — Тюмень, 2004. — С. 3–28.
152. Литвиненко Л.И. Гипергалинные озера Западной Сибири как среда обитания галофильного рачка артемии // Рыбное хозяйство, № 6, 2007. – С. 93-98
153. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г. Артемия в озерах Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 2009. – 304 с.
154. Литвиненко Л.И., Коваленко А.И., Куцанов К.В. Разработка метода выделения периодов водности по динамике солености в гипергалинных озерах Урала и Западной Сибири // IV Международная конференция «Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов » Тюмень: ТюмГУ, 11-13 сентября 2013. С. 101-103.
155. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Куцанов К.В., Козлов О.В., Коваленко А.И., Бойко Е.Г. Закономерности формирования промысловых ресурсов беспозвоночных в озерах с

разной соленостью // XI съезд Гидробиологического общества при РАН: тез докл., Красноярск, 2014 г. – С. 95-96

156. Литвиненко Л.И., Бойко Е.Г., Куцанов К.В., Герасимов А.Г., Разова Л.Ф., Побединцева М.А., Литвиненко А.И. К вопросу идентификации популяционной принадлежности артемии водоемов России по цистам // Вестник рыбохозяйственной науки. 2018а. Т.5. №1 (17). С. 4-25

157. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г., Куцанов К.В., Герасимов А.Г., Разова Л.Ф. Влияние изменения климата на запасы цист артемии в озерах Западной Сибири // Рыбное хозяйство. М.: ЦУРЭН – 2018б.-Т. 6. - С. 52-59.

158. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Куцанов К.В., Козлов О.В. Межгодовые колебания промысловых запасов короткоциклового беспозвоночного континентального водоема Западной Сибири и проблемы с заблаговременным прогнозом их вылова // Вопросы рыболовства.- М.: ВНИРО, 2018в. - Т. 19, № 2. - С. 193-205.

159. Литвиненко Л.И., Бизиков В.А., Куцанов К.В., Саенко Е.М., Семик А.М., Ковачева Н.П., Кряхова Н.В. Роль бентосных цист в биоценозе гипергалинных водоемов // "Актуальные вопросы рыболовства, рыбоводства (аквакультуры) и экологического мониторинга водных экосистем" 11-12 дек. 2018г. Ростов-на-Дону. Матер. Междунар. науч.-практ. конфере., посвящ. 90-летию АЗНИИРХ. С. 170-174.

160. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г., Куцанов К.В. Влияние промысла цист артемии на лечебные грязи гипергалинных озер // XII Съезд Гидробиологического общества при РАН: тезисы докладов, Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2019а. С. 306-307.

161. Литвиненко Л.И., Ковачева Н.П., Куцанов К.В., Глухих И.М., Герасимов А.Г., Разова Л.Ф., Кряхова Н.В. Результаты экспериментальных работ по выращиванию артемии в условиях природных гипергалинных водоемов // Вестник рыбохозяйственной науки. – Тюмень: Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО», 2019б. – Т. 6. № 4 (24). – С. 87-101.

162. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г., Куцанов К.В., Корентович М.А. Влияние промысла цист артемии на экосистему гипергалинного озера // Журнал Сибирского Федерального Университета. Биология. 2020. Т.13, № 4. С. 348-367.

163. Литвиненко Л.И., Куцанов К.В., Разова Л.Ф., Гадиадуллина А.Ш., Герасимов А.Г., Бражников Е.В. Внутри- и межпопуляционная изменчивость цист и взрослых стадий артемии (Branchiopoda: Anostraca) в сибирских популяциях (морфометрия) // Морской биологический журнал Marine Biological Journal 2021, vol. 6, no. 2, pp. 33–51 doi.org/10.21072/mbj.2021.06.2.03.

164. Литвиненко Л.И., Бойко Е.Г., Куцанов К.В., Разова Л.Ф., Глухих И.М. Рейтинг гипергалинных водоёмов Западной Сибири по запасам цист и репродуктивным показателям

рачков артемии // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность. Тезисы докладов II Международной научно-практической конференции. Севастополь, 2022. С. 276-277.

165. Литвиненко Л.И., Куцанов К.В. Выживаемость и вылупление науплиусов артемии сибирских популяций при разной солености // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки - №5. – 2013. – 51-55.

166. Литвиненко Л.И., Куцанов К.В. Способ увеличения продукции цист артемии в гипергалинных озерах. Патент на изобретение RU 2688378 C1, 21.05.2019.

167. Литвиненко Л.И., Куцанов К.В. Устройство для инкубации цист артемии.- Патент на полезную модель 218658 U1, 05.06.2023.

168. Литвиненко П.А., Корентович М.А. Опыт обогащения науплиусов артемии микробным белком (гаприном) и жирными кислотами / Сборник: Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации. Материалы V национальной научно-практической конференции. Под редакцией А.А. Васильева. Калининград. 2020. - С. 150-156.

169. Лукерина Г.В., Сурков Д.А., Пяткова Я.С., Толкушкина Г.Д., Мазникова О.А. Использование биомассы донных цист артемии (*Artemia*) Leach, 1819 для оценки запасов артемии (на стадии цист) в гипергалинных озерах Алтайского края // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса : матер. IX Науч.-практ. конф. молодых ученых. М.: Изд-во ВНИРО, 2021. С. 111–114.

170. Лукерина Г.В., Пяткова Я.С., Сурков Д.А., Мазникова О.А. Качественная характеристика донных цист артемии (*Artemia* Leach, 1819) в гипергалинных озерах Алтайского края // Водные биоресурсы и среда обитания 2022, т. 5, №4. - С. 18–34. doi: 10.47921/2619-1024\_2022\_5\_4\_18

171. Майструк П.Н., Габович Р.Р. Криль и крилепродукты в питании человека. – Киев: Здоровья, 1984. – 152 с.

172. Макаров Ю.Н., Лисовская В.И. Артемия Куяльницкого лимана как кормовой объект для развития морехозяйств в северо-западной части Черного моря // Тез.докл. II Всесоюзн. Конф. по биологии шельфа. Киев: Наук.думка, 1978. Ч.1. С. 72-73.

173. Макеева Е.Г. Суаноргосагуота гипергалинного озера Тус (Республика Хакасия)// «Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии» – XII Международная научно-практическая конференция. - 2013. - С. 139-143.

174. Макеева Е.Г. Распространение зеленых водорослей в некоторых соленых озерах Республики Хакасия // Вопросы современной альгологии. 2021. № 2 (26). С. 92–101.

175. Макеева Е.Г., Осипова Н.В. Водоросли соленого оз. Алтайское (Республика Хакасия): таксономический состав и экологические особенности // Биология внутренних вод, 2022, № 2. - С. 118–126.

176. Матмуратов С.А., Стуге Т.С., Лопатин О.Е. Распространение и развитие артемии в соляных озерах Прииртышья республики Казахстан // Биоразнообразие артемии в странах СНГ. - Тюмень, 2004. - С. 41-51.

177. Мельник И.В., Краснощек С.А. Влияние препарата ПДЭ (плацента денатурированная эмульгированная) на рост и развитие гигантской пресноводной креветки // Материалы Международного симпозиума «Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата» /Астахань. Издательство АГТУ. 2007. - С. 409-411.

178. Мельченков Е.А., Виноградов В.К., Ерохина Л.В. и др. Руководство по разведению и выращиванию веслоноса //М.: ВНИИПРХ, 1997. – 87 с.

179. Мельченков Е.А. Биологические основы разведения и выращивания веслоноса *Polyodon spatula* (Walbaum) // автореф. дис... док. биол. наук. М.: Изд-во ВНИИПРХ, 2001. - 64 с.

180. Методические рекомендации по оценке запаса и прогнозированию рекомендованного объема добычи (вылова) артемии /Литвиненко Л.И., Бизиков В.А., Ковачева Н.П. и др./ М.: Изд-во ВНИРО, 2019. - 50 с.

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

182. Микроводоросли Черного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования/ Под ред. Ю.Н. Токарева, З.З. Финенко, Н.В. Шадрина; НАН Украины, Институт биологии южных морей. — Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. — 454 с.

183. Митрофанова Е.Ю. Фитопланктон озер разной минерализации (на примере системы реки Касмалы, Алтайский край) // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2010. – № 6 (68). – С. 67–72.

184. Михеева Л.С. Чокракское озеро и его лечебные ресурсы. // Лечебные грязи СССР. - М., 1971. – 250 с.

185. Молдрахман А.С., Мажигаева Ж.О., Долгополова С.Ю., Кожижанова Б.А., Сулейманова А.М., Гидрохимические исследования и фитопланктон соленых озер

Павлодарской области // Вестник науки Казахстанского Агротехнического университета имени С. Сейфуллина. - №1 (112). - 2022. - С.145-150.

186. Мохсени М., Пурказеми М., Пурали Х., Бахмани М., Каземи Р., Аршал Ю. Сравнительная характеристика роста и состава тела персидского осетра (*Acipenser persicus*) и белуги (*Huso huso*) // Материалы Международного симпозиума «Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата» /Астахань. Издательство АГТУ. 2007 а. - С. 340-341.

187. Мохсени М., Пурказеми М., Пурали Х., Бахмани М. Влияние диетарного протеина на рост и развитие белуги (*Huso huso*) // Материалы Международного симпозиума «Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата» /Астахань. Издательство АГТУ. 2007 б. - С. 414-416.

188. Мусаев А.К., Темирбеков Р.О., Исраилоап И.О. Оценка запасов ресурсов артемии Западного бассейна Аральского моря // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сб.науч.тр. XXIV междунар.науч.-практ. конфер. Москва, РУДН, 2023. С. 108-112.

189. Науменко Н.И. Растительность полуостровов, берегов, и ближайших окрестностей озера Медвежье // Озеро Медвежье: биологическая продуктивность и комплексное использование природных ресурсов гипергалинного озера /Под ред. А.И. Литвиненко – Тюмень: СибрыбНИИпроект, 2001. - С. 17-24.

190. Неврова Е.Л., Шадрин Н.В. Донные диатомовые водоросли соленых озер Крыма // Морской экологический журнал, 2005. - №4 т.IV. - С. 61-71.

191. Немцева Н.В., Селиванова Е.А., Яценко-Степанова Т. Н., Игнатенко М. Е. Структура альгопланктона в Соль-Илецких озерах с различным уровнем солености // Известия Пензенского государственного педагогического университета Естественные науки № 25 - 2011. - С. 535-541.

192. Нечаев П.И. Ценный корм для молоди осетровых // рыбное хозяйство. - 1961.- № 6.

193. Нечаев И.Ю., Литвиненко Л.И. Плавучесть цист артемии сибирской популяции при разной солености и температуре // Успехи молодежной науки в агропромышленном комплексе. Сб. тр. LIX Студенческой науч.-практ. конференции. Тюмень, 2022. С. 364-373.

194. Новоселова З.И., Новоселов В.А. Экологический мониторинг соляных аквасистем, испытывающих антропогенную нагрузку // Сиб. экол. журн. - 2000. - Т. 7, № 3.- С. 249–255.

195. Овчинников А.С., Бородычев В.В., Дедова Э.Б., Иванова В.И. Особенности экосистем соленых водоемов Калмыкии // Известия Нижневолжского агроунивер. комплекса: наука и высшее профес. образование. – 2015. – №4 (40). – С. 10–21.
196. Озеро Медвежье. Биологическая продуктивность и комплексное использование природных ресурсов гипергалинного озера/под ред. А.И. Литвиненко. Тюмень, 2001. - 70 с.
197. Олейникова Ф.А. *Artemia salina* L. Азово-Черноморского бассейна (морфология, размножение, экология, практическое использование): автореф. дис. канд. биол. наук. -Киев, 1980. - 17 с.
198. Остроумова И.Н. Актуальные проблемы кормления рыб в индустриальном рыбоводстве // Л.: Сб. тр. ГосНИОРХ; Вып.176. 1981. - 169 с.
199. Остроумова И.Н. Физиологические аспекты кормления ранней молоди сиговых в аквакультуре / Материалы совещания «Биология, биотехника разведения и состояния запасов сиговых рыб» // Тюмень. ФГУП «Госрыбцентр». 2009. - С. 86-91.
200. Остроумова, И.Н. Влияние замены рыбной муки на высокобелковые соевые продукты и гапсин в кормах для сеголеток сиговых рыб / И. Н. Остроумова, В. В. Костюничев, А. А. Лютиков, А. К. Шумилина, Т. А. Филатова // Современное состояние водных биоресурсов: материалы 5-ой международной конференции. Новосибирск. 2019, 328 с. – С. 322-325.
201. Остроумова, И.Н. Эффективность использования гапсина в рационах карпа разного возраста / И. Н. Остроумова, Д. С. Аршавский, В. К. Калкун, К. Б. Мосейчук, Л. В. Смирнова, Ю. О. Траубе // Сборник научных трудов ГосНИОРХ: Белковые продукты микробиосинтеза в кормлении рыб и другие вопросы интенсивного рыбоводства. СПб. Т. 306. 1991, 162 с. – С. 27-46.
202. Пиннекер Е.В. Минеральные воды Тувы. – Кызыл, 1968. – 106 с.
203. Письменная О.А. Популяция *Artemia* sp. в Астраханском регионе - особенности формирования и перспективы использования // Каспий и глобальные вызовы, Материалы Международной научно-практической конференции. Астрахань, 2022. - С.104-108.
204. Пласкачевская Т.Г. Результаты определения кормовой ценности *Artemia salina* // Осетровое хозяйство водоемов СССР. М.: Пищевая пром-сть, 1963. - С. 74-76.
205. Плотников И.С. Фауна свободноживущих беспозвоночных Аральского моря и ее многолетние изменения под влияниемантропогенных факторов – автореф. дисс. докт. биол. наук. С-Петербург, 2021. - 45 с.
206. Поляков Д.В., Кужевская И.В. Применение кластерного анализа для оценки температурно-влажностных условий в период активной вегетации на территории юга

Западной Сибири и его связь с гидротермическим коэффициентом Т.Г. Селянинова // Вестник Томского гос. университета. 2012. С. 188-192.

207. Приказ ФАР от 16.03.2009 № 191 «Об утверждении Перечня особо ценных и ценных видов водных биоресурсов, отнесенных к объектам рыболовства».

208. Приказ Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 14.04 2010 г. № 258.

209. Приказ Росрыболовства от 18.04.2013 N 287 "Об организации работ по предоставлению в пользование водных биологических ресурсов, общий допустимый улов которых не устанавливается, а также организации контроля за освоением объемов их добычи (вылова)».

210. Приказ Минсельхоза РФ от 22.10.2014 N 402 (ред. от 18.02.2016) "Об утверждении Правил рыболовства для Западно-Сибирского рыбохозяйственного бассейна», п. 33.1.

211. Приказ Минсельхоза РФ от 01.08.2013 N 293 (ред. от 29.11.2017) "Об утверждении Правил рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна".

212. Приказ Министра окружающей среды и водных ресурсов Республики Казахстан от 4 апреля 2014 года № 104-Ө «Об утверждении Правил подготовки биологического обоснования на пользование животным миром» с изменениями и дополнениями.

213. Прусиньска М., Чепуркина М.А. Кормление натуральным кормом осетров на ювенальных стадиях развития // Проблемы выращивания ювенальных стадий осетровых рыб, Польша, Ольштын, 2011. - С. 23-33.

214. Постановление Правительства Казахстана (№246 от 18.03.2005 Об утверждении Правил рыболовства. (с изменениями от 28.11.08 г.).

215. Постановление Правительства РФ от 5 апреля 2019 г. N 401 "О внесении изменения в перечень стратегически важных товаров и ресурсов для целей статьи 226.1 Уголовного кодекса Российской Федерации".

216. Пурали Фоштоми Х.Р., Мохсени М., Бахмани М., Садехи Рад М., Ашари А., Сохел Нахши С. Сравнение тенденций роста белуги ((Huso huso) в солоноватой и пресной воде // Материалы Международного симпозиума «Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата» /Астахань. Издательство АГТУ. 2007. - С. 354-356.

217. Радченко Л.А. Влияние температур и солености на развитие и выживаемость артемий в экспериментальных условиях // Экология моря. – 1982. – Т. 10. – С. 66-72.

218. Разова Л.Ф. Оценка биологических и репродуктивных особенностей артемии сибирских популяций. – Автореф. канд. биол. наук. Тюмень, 2022. - 18 с.

219. Разова Л.Ф., Литвиненко Л.И. Репродукционные особенности артемии сибирских популяций // II Всерос. научн.-практ. конф. Современные научно-практические решения в АПК / ГАУ Северного Зауралья. Сб. статей. Тюмень. – 2018. – С. 249–258.
220. Рачек Е.И., Свирский В.Г. Инструкция по выращиванию сеголеток амурского осетра и калуги комбинированным методом в бассейнах и садках тепловодных хозяйств // Владивосток: ФГУП «ТИНРО-Центр», 2004. – 26 с.
221. Рачек Е.И., Свирский В.Г. Рыбоводно-биологическая характеристика гибридных форм между амурским и сибирским осетрами из садкового тепловодного хозяйства Приморского края // Материалы Международного симпозиума «Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата» / Астахань. Издательство АГТУ. 2007. - С. 356-359.
222. Рождественский М.И., Вдовченко М.А. К вопросу о биотехнике выращивания молоди осетровых в лотках с проточной водой / Современное состояние и перспективы развития аквакультуры: Материалы междунар. научно-практ. конф. - Горки, 1999. – С. 87-88.
223. Ронжина Т.О. Динамика численности популяции галофильного рачка *Artemia* sp. в гипергалинных озерах юга Западной Сибири: автореф. дис. канд. биол. наук. – Новосибирск, 2009. – 19 с.
224. Руднева И.И. Оценка качества цист артемии озера Сиваш // Рыбн. хоз-во – 1987. - №3. – С.30-31
225. Руднева И.И. Артемия. Перспективы использования в народном хозяйстве. – Киев: Наукова думка, 1991. – 144 с.
226. Руднева И.И. Артемия - важнейший компонент гипергалинных водоемов юга Украины и Крыма // Биоразнообразии артемий в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование: сб. докл. междунар. науч.-иссл. семинара. - Тюмень, 2004. - С. 79-93.
227. Руднева И.И., Шайда В.Г. Сезонная динамика гиперсоленого озера Ойбург (Крым) как модель для изучения последствий изменения климата// Водные ресурсы - 2020. Т. 47 № 4 - С. 426-437.
228. Руднева И.И., Щепкина А.М. Химический состав цист артемии из различных источников // Рыбное хозяйство. - 1990 - № 5. С.59-60.
229. Руднева И.И., Гайский П.В., Чабан В.В., Гуськова Н.В., Шайда В.Г., Шайда О.В. Сезонная динамика содержания карбонатов в рапе Восточного бассейна Сакского озера (Республика Крым) // Геополитика и экогеодинамика регионов. Том 8 (18). Вып. 4. - 2022. С. 229–237.

230. Самылина О.С. Фототрофные сообщества содовых озёр Кулундинской степи (Алтайский край): история альгологических исследований и современные данные // Вопросы современной альгологии. [www.algology.ru](http://www.algology.ru). 2021. № 2(26) С.53-62.
231. Самылина О.С., Герасименко Л.М., Шадрин Н.В. Сравнительная характеристика фототрофных сообществ в минеральных озерах Крыма (Украина) и Алтайского края (Россия)//Альгология. 2010. Т. 20, № 2. С.192-209.
232. Сапожников Ф.В., Калинина О.Ю., Никитин М.А., Самылина О.С. Ценозы фототрофных водорослей ультрагалинных озер кулундинской степи (Алтайский край, Российская Федерация) // Океанология, 2016. - Т. 56, № 1.- С. 101–112.
233. Семик А.М., Замятина Е.А. Исследование объемов водных биологических ресурсов (артемия, хирономиды) в заливе Сиваш // Тр. ЮгНИРО. 2017. Т. 54. С. 131-136.
234. Семик А.М., Саенко Е.М., Замятина Е.А. Современное состояние популяции жаброногого рачка рода *Artemia* Leach, 1819 в восточной части залива Сиваш // Водные биоресурсы и среда обитания. - 2019. - Т. 2, № 2. - С. 45–56.
235. Семик А.М., Саенко У.М., Замятина У.А. Изменчивость размеров цист артемии в заливе Сиваш // Материалы IX Всероссийской научной конференции. Симферополь, 2020. С. 115-121.
236. Семик А.М., Ушакова А.О. Современное состояние запасов жаброногого рачка артемии (*Artemia salina* L.) в соленых озерах Республики Крым // Труды ЮгНИРО, Т. 54, 2017. - С. 137-141.
237. Сеничева М.И. Зеленая водоросль *Dunaliella salina* в природных условиях// Экология моря. - 2005. - Вып. 67. - С.61-62.
238. Сеничева М.И., Губелит Ю.И., Празукин А.В., Шадрин Н.В. Фитопланктон гиперсоленых озер Крыма // Микроводоросли Черного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования – Ин-т биологии южных морей. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. С. 93-99.
239. Сидоров В.С. Экологическая биохимия рыб // Липиды. М. : Наука, 1983. - 240 с.
240. Скаковский Е.Д., Тычинская Л.Ю., Гайдукевич О.А. и др. ЯМР-анализ масел кедрового ореха (*Pinus sibirica*) и семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Журнал прикладной спектроскопии. - Т. 74, № 4. 2007. - С. 528 - 532.
241. Соловов В.П., Студеникина Т.Л. Рачок артемия в озерах Западной Сибири: морфология, экология, перспективы хозяйственного использования. — Новосибирск: Наука, 1990. — 81 с.

242. Соловов В.П., Студеникина Т.Л. Особенности динамики численности популяции жаброногого рачка *Artemia salina* (L.) в озерах юга Западной Сибири и перспективы использования его ресурсов // Гидробиол. журн. - 1992. - Т. 28, № 2. - С. 33–41.
243. Соловов В.П., Подуровский М.А., Ясюченя Т.Л. Жаброног артемия: история и перспективы использования ресурсов. -Барнаул, 2001. - 144 с.
244. Спекторова Л.В. Обзор зарубежного опыта разведения артемии для использования ее в аквакультуре. — М.: ВНИРО, 1984. — 63 с.
245. Студеникина Т.Л. Артемия салина озер Западной Сибири как стартовый корм для молоди сиговых и карповых рыб // Биологические ресурсы внутренних водоемов Сибири и Дальнего Востока. – М.: Наука, 1984. – С.117-124.
246. Студеникина Т.Л. Биологические особенности рачка *Artemia salina* (L.) соленых озер юга Западной Сибири - автореф.канд.биол.наук, Новосибирск, 1986. - 17 с.
247. Студеникина Т.Л. Методика определения запасов артемий // Рыбопродуктивность озер Западной Сибири. -Новосибирск: Наука, 1991. - С. 160-164.
248. Студеникина Т.Л. Особенности биологии рачка *Artemia salina* в условиях соляных озер // Водоемы Алтайского края. - Новосибирск: Наука, 1999. - С. 112-122.
249. Студеникина Т.Л. Биологическое обоснование правил заготовки биокормов водного происхождения // Водоемы Алтайского края: биологическая продуктивность и перспективы использования. - Новосибирск, Наука Сиб. Предпр. РАН, 1999. -С.127-134.
250. Старовойтова Д.А., Бурмистрова О.С. Размеры цист популяций артемии разнотипных озёр Кулундинской низменности // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2017. - № 4 (47). - С. 84–92.
251. Судакова Н.В. Сравнительная эффективность продуктов микробного синтеза в составе стартовых комбикормов для молоди осетровых рыб: дисс. канд. биол. наук. – М., 1998. – 134 с.
252. Сущенко Л.М. Количественные данные о питании и баланс энергии *Artemia salina* (L.), - Докл. АН СССР. 1962. - т. 143, №5. – С. 1205-1207.
253. Сущенко Л.М. Количественные закономерности фильтрационного питания *Artemia salina* (L.) // Труды Севастопольской биологической станции. – 1964. – Т. 16. – С. 434–445.
254. Сущенко Л.М., Хмелева Н.Н. Потребление пищи как функции веса ракообразных // Докл. АН СССР. - 1967. - Т. 176, № 6. - С. 1428-1431.
255. Сырбулов Д.Н., Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А., Муртазин П.М., Савичева Н.А. Технологические приемы адаптации осетровых рыб к выращиванию с применением комбикормов // Мохсени М., Пурказеми М., Пурали Х., Бахмани М., Каземи Р., Аршал Ю.

Сравнительная характеристика роста и состава тела персидского осетра (*Acipenser persicus*) и белуги (*Huso huso*) // Материалы Международного симпозиума «Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата» /Астахань. Издательство АГТУ. 2007. - С. 427-428.

256. Тяпугин В.В., Алымов Ю.В. Прижизненное получение икры от производителей севрюги (*Acipenser stellatus* Pallas), выращенных на базе РК «Акватрейд» // Сборник статей международной научно-практической конференции «Аквакультура осетровых рыб: проблемы и перспективы». - Астрахань, 2017. – С. 176-179.

257. Убаськин А.В. Динамика количественных показателей артемии в соляных озерах Павлодарской области // Естественные науки и экология. – Омск: ОмГПУб, 2004. - Вып. 8. – С. 57-65.

258. Федченко Г.П. О самосадочной соли и соляных озерах Каспийского и Азовского бассейнов. - Москва: изд-во: тип-я А. И. Мамонтова, 1870. - 105 с.

259. Филиппова А.В. Некоторые результаты изучения фитопланктона водоемов Алтайского края // Биологические ресурсы Алтайского края и пути их рационального использования. - Екатеринбург: Полиграфист, 1979. - С. 105-107.

260. Хмелева Н.Н. Затраты энергии на дыхание, рост и размножение у *Artemia salina* (L.) // Биология моря. - Киев: Наук. думка, 1968. - Вып. 15. - С. 71-98.

261. Хмелева Н.Н., Гигиняк Ю.Г. Способ определения числа пометов у ракообразных А. с. 910940 (СССР). - Бюл. - 1982.- № 9.

262. Хмелева Н.Н., Голубев А.П. Продукция кормовых и промысловых ракообразных (генеративная и экзувиальная). - Минск: Наука и техника, 1984. - 215 с.

263. Царева Г.А. Артемия озера Большое Яровое. Особенности репродуктивных и физиологических характеристик // Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование: сб. докл. междунар. науч.-иссл. семинара (17–19 июля 2002 г. Москва). - Тюмень, 2004. - С. 61-69.

264. Цыренова Д.Д., Брянская А.В., Хахинов В.В., Жавзан Ч. Гидрохимические исследования солоноватых и соленых озер южного Забайкалья // Вестник Бурятского государственного университета. -2009.- Вып.3.- С.17-19.

265. Чабан В.В. Применение биоиндикатора *Artemia salina* при экологическом изучении соленых озер Крымского полуострова // Стр-во и техногенная безопасность. 2012.- № 43. - С. 102–105.

266. Чага И.Л. О возможности культивирования *Artemia salina* L. в Южном Приморье // Изв. ТИНРО. - 1976. - Т. 100. - С. 125-129.

267. Чебаева С.О. Пробиотики, незаменимые помощники вашему организму // Издательство: Рипол Классик. 2010. - 64 с.
268. Чебанов М.С., Галич Е.В., Чмырь Ю.Н. Руководство по разведению и выращиванию осетровых рыб // М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. - 136 с.
269. Чепуркина М.А., Голубкова Т.А. Оптимизация методов кормления осетровых рыб в период раннего онтогенеза // Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. «Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития». - Астрахань, 2006. – С. 276-278.
270. Чепуркина М.А. Сохранение биоресурсов осетровых видов рыб Обь-Иртышского бассейна путем искусственного воспроизводства с использованием геотермальных вод - автореф. дисс. канд. биол. наук. Новосибирск, 2010. - 20 с.
271. Чепуркина М.А. Состояние и перспективы искусственного воспроизводства осетровых видов рыб в условиях юга Западной Сибири // Материалы расширенного заседания Ученого совета по вопросу оптимизации искусственного воспроизводства осетровых рыб. – Астрахань, 2014. - С. 31-35.
272. Чепуркина М.А., Гилева Е.А., Прусиньска М., Кольман Р. Использование метода обогащения науплиусов артемии в осетроводстве // Вестник рыбохозяйственной науки. Т. 1, № 4 (4). Тюмень, 2014. - С. 78-90.
273. Чепуркина М.А. Способ приготовления живого корма для личинок и молоди осетровых рыб / Патент на изобретение РФ № 2 577 478. 2016. – 5 с., табл.
274. Черномашенцев А.И. К вопросу о применении артемии в прудовом осетроводстве /Тезисы докладов на отчетной сессии ЦНИОРХ //Астрахань. 1966. – С. 197-198.
275. Шадрин Н.В., Загородняя Ю.А., Неврова Е.Л., Найданова О.Г., Сеничева М.И. Гидроэкологическая система Бакальской косы: проблемы изучения и сохранения уникального природного разнообразия — предварительное сообщение // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Сер.: Біологія. Спец. вип. "Гідроекологія". - 2001. - № 3 (14). - С. 168-170.
276. Шадрин Н.В. Гиперсоленые озера Крыма: общие особенности // Микроводоросли Черного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования – Ин-т биологии южных морей. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. С. 85-93.
277. Шарапова Л.И., Шарипова О.А., Трошина Т.Т., Кенжебеков Б.К., Нуриева Ш.Б. Популяции артемии в современных условиях соляных озер юго-востока Казахстана // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. 2019. №1. С. 72-82.
278. Шарковская М. Аральская катастрофа - первый случай в истории, когда человек «убил» море // Аргументы недели. 20.03.2021 (argumenti.ru)

279. Шевченко В.Н., Зуева З.Е. Выращивание сеголетков бестера в различных экологических условиях /В кн. Рациональное ведение осетрового хозяйства. Тезисы докладов. Волгоград. 1981. – С. 272-274.
280. Шевченко Е.С., Бойко Е.Г. Влияние некоторых абиотических факторов на морфометрические параметры рачков рода *Artemia* из озера Б.Медвежье Курганской области // Сб. трудов «Успехи молодежной науки в агропромышленном комплексе». Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2022. - С. 395-406.
281. Шиков А.Н., Макаров В.Г., Рыженков В.Е. Растительные масла и масляные экстракты: технология, стандартизация, свойства // М.: ИД «Русский врач», 2004. - 264 с.
282. Шнитников А.В. Внутривековая изменчивость компонентов общей увлажненности. - Л. Наука, 1969. - 244 с.
283. Янченко Ю.К. Исследование разнокачественности и путей ее регулирования при подращивании молоди осетровых в заводских условиях// Автореф. дисс. канд. биол. наук. М: ВНИИПРХ. 2003. - 24 с.
284. Ясюченя Т.Л. Хозяйственное использование ресурса рачка артемия в озере Большое Яровое: итоги и перспективы // Биоразнообразие артемии в странах СНГ. - Тюмень, 2004. С. 70–78.
285. Abatzopoulos T.J., Triantaphyllidis C.D., Kastritsis C.D. Genetic polymorphism in two parthenogenetic *Artemia* populations from Northern Greece // *Hydrobiologia*. - 1993. - Vol. 250. - P. 73–80.
286. Abatzopoulos T.J., Zhang B., Sorgeloos P. *Artemia tibetiana*: preliminary characterization of a new *Artemia* species found in Tibet (People`s Republic of China) // *Internat. J. of Salt Lake Research*. - 1998. - Vol. 7. - P. 41-44.
287. Abatzopoulos T.J., Beardmore J.A., Clegg J.S., Sorgeloos P. *Artemia*: basic and applied biology. - Kluwer Akademic Publishers, 2002. - 286 p.
288. Abatzopoulos T.J., Triantaphyllidis G.V., Criel G., Baxevanis A.D., Van Stappen G., Sorgeloos P. *Artemia urmiana* Gunther: reproductive and lifespan characteristics, cysts and naupliar biometrics, HUFA profiles, chorion structure and cyst buoyancy // Iran international workshop. Sep. 21-25, 2004. Urmia, Iran. P. 7-12.
289. Abatzopoulos T.J., Baxevanis A.D., Triantaphyllidis G.V., Criel G., Pador E.L., Van Stappen G. et al. Quality evaluation of *Artemia urmiana* Gunther (Urmia Lake, Iran) with especial emphasis on its particular cyst characteristics // *International Study on Artemia, LXIX. Aquaculture*. – 2006a. – 254. – P. 442–454.

290. Abatzopoulos T.J., Agh N., Van Stappen G., Razavi Rouhani S.M. and Sorgeloos, P. Artemia sites in Iran // J. Mar. Biol. Ass. UK. - 2006b. – 86- P. 299-307.
291. Abatzopoulos T.J., Amat F., Baxevanis A.D., Belmonte G., Hontoria F., Maniatsi S., Moscatello S., Mura G., Shadrin N. Updating Geographic Distribution of Artemia urmiana Gunther, 1890 (Branchiopoda: Anostraca) in Europe // An Integrated and Interdisciplinary Approach Internat. Rev. Hydrobiol. - 94. №5.- 2009.- P. 560-579.
292. Abstracts international Symposium on the Brine Shrimp «Artemia salina» - Corpus Christi, Texas, August 20-23, 1979. - 137 p.
293. Abreu-Grobois F.A. A review of the genetics of Artemia. Artemia Research and Applications//Morphology, Genetics, Strain characterization, Toxicology. -1987. -№ 1. - P. 61-99.
294. Abreu-Grobois A., Beardmore J.A. Genetic differentiation and speciation in the brine shrimp Artemia // Mechanism of speciation, Alan R. Liss, New York. 1982. - 96. - P. 345-376.
295. Agh N., Sorgeloos P. Handbook of Protocols and Guidelines for Culture and Enrichment of Live Food for Use in Larviculture - Artemia & Aquatic Animals Research Center Urmia University Urmia – Iran, 2005. – 52 p.
296. Alaa A., El-Dahhar, Samira, Assem S., Mona, Mourad M. Effect of Dietary Artemia Nauplii Enriched with Fish Oil, on Survival, Growth and Biochemical Analysis of Mullet, Mugil Cephalus, Larvae // Journal of the Arabian Aquaculture Society. - 2011. - Vol. 6 No 2. - P. 181-183.
297. Aladin N.V., Plotnikov I.S. Hybrid marine/lacustrine seas and saline lakes of the world // Lakes & Reservoirs: Research and Management, 2011. V. 16. P. 97–108.
298. Amarouayache, M., F. Derbal and M.H. Kara. Biological data on Artemia salina (Branchiopoda, Anostraca) from Chott Marouane (northeast Algeria). Crustaceana, - 2009. -82 (8): 997-1005
299. Amarouayache M., Kara M.H. Quality evaluation of Artemia from Sebkhia Ez-Zemoul, Algeria: biometry, hatching and fatty acid composition // Vie et Milieu - Life and Environment. - 2015. - 65 (4). P. 211-217.
300. Amat D.F. Differentiation in Artemia strains for Spain // The Brine Shrimp Artemia / Eds. G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels, E. Jaspers. -Wetteren, Belgium: Universa Press, 1980.- Vol. 1: Morphology, Genetics, Radiobiology, Toxicology. - P. 19-39.
301. Amat F. Zygogenetic and parthenogenetic Artemia in Cadiz sea-side salterns // Marine Ecology Progress Series. - 1983. -Vol. 13. - P. 291-293.
302. Amat F., Hontoria F., Ruiz O., Green A.J., Sa´nchez M.I., Figuerola J., Hortas F. The American brine shrimp as an exotic invasive species in the western Mediterranean//Biological Invasions. – 2005. - 7. P. 37-47.

303. Anufrieva E.V., Shadrin N.V. Diversity of fauna in Crimean hypersaline water bodies // J. Sib. Fed. Univ. Biol., 2018. - 11(4). P. 294-305. doi: 10.17516/1997-1389-0073.
304. Asem A., Rastegar-Pouyani N., Agh N. Biometrical Study of *Artemia urmiana* (Anostraca: Artemiidae) Cysts Harvested from Lake Urmia (West Azerbaijan, Iran)// Turk J Zool .- 31. - 2007. - P. 171-180.
305. Asem A., Rastegar-Pouyani N., De Los Ríos-Escalante P. The genus *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Branchiopoda). I. True and false taxonomical descriptions // Lat. Am. J. Aquat. Res. 2010.– 38 (3). P. 501-506. doi: 10.3856/vol38-issue3-fulltext-14.
306. Asem A., Sun S.C. A new gynandromorphic morphological pattern in *Artemia* // Journal of Biological Research-Thessaloniki. - 2013. 20. P. 382 – 386.
307. Asem A., Eimanifar A., Sun S.-C. Genetic variation and evolutionary origins of parthenogenetic *Artemia* (Crustacea: Anostraca) with different ploidies // Royal Swedish Academy of Sciences Zoologica Scripta. - 45, 4. July 2016. P. 421–436.
308. Asem A, Eimanifar A, Van Stappen G, Sun S.-C. The impact of one-decade ecological disturbance on genetic changes: a study on the brine shrimp *Artemia urmiana* from Urmia Lake// Iran. Peer J. – 2019. - 7(10): e7190. doi: 10.7717/peerj.7190.
309. Asem A., Lia W., Wang P.-Zh., Eimanifar A., Ch.-Y. Shenc , De Vos S., Van Stappend G. The complete mitochondrial genome of *Artemia sinica* Cai, 1989 (Crustacea: Anostraca) using next-generation sequencing // Mitochondrial DNA part B. 2019b, V. 4, № 1. – P. 746–747.
310. Asem A., Eimanifar A., Rastegar-Pouyani N., Hontoria F., De Vos S., Van Stappen G., Sun S.C. An overview on the nomenclatural and phylogenetic problems of native Asian brine shrimps of the genus *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) // Zookeys – 2020. – 902.P. 1–15.
311. Asem A., Eimanifar A., Li W., Shen C.-Y., Shikhsarmast F.M., Dan Y.-T., Lu H., Zhou Y., Chen Y., Wang P.-Z., Wink M. Reanalysis and Revision of the Complete Mitochondrial Genome of *Artemia urmiana* Günther, 1899 (Crustacea: Anostraca). // Diversity. 2021. - 13, 14. doi.org/10.3390/d13010014.
312. Asem A., Yang C., Eimanifar A., Hontoria F., Varó I., Mahmoudi F., Fu C.-Z., Shen C.-Y., Rastegar-Pouyani N., Wang P.-Z., Li W., Yao L., Meng X., Dan Y.-T., Rogers D.C. and Gajardo G. Phylogenetic analysis of problematic Asian species of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea, Anostraca), with the descriptions of two new species // Crustacean Biology. – 2023.- 43. P. 1–25. doi.org/10.1093/jcbiol/ruad002.
313. Aquacop B. Intensive larval rearing of *Macrobrachium rosenbergii* in recirculating system // First International Biennial Conference on Warm Water Aquaculture - Crustacea, Brigham Young University, Hawaii, USA, 1983. - P. 55.

314. Azra, M.N.; Noor, M.I.M.; Burlakovs, J.; Abdullah, M.F.; Abd Latif, Z.; Yik Sung, Y. Trends and New Developments in Artemia Research // *Animals*. 2022. – 12. 2321. doi.org/10.3390/ani12182321.
315. Badaracco G., Bellorini M., Landsberger N. Phylogenetic study of bisexual Artemia using random amplified polymorphic DNA // *Journal of Molecular Evolution*. 1995.- 41. P. 150-154.
316. Barigozzi C. Artemia: A survey of its significance in genetic problems // *Evolutionary Biology* / Eds. T. Dobzhansky, M.K. Hecht, W.C. Steere. - N. Y.: Plenum Press, 1974. - Vol. 7. P. 221–252.
317. Baxevanis A.D., Kappas, I., Abatzopoulos, T.J. Molecular phylogenetics and asexuality in the brine shrimp Artemia // *Mol. Phylogenet. Evol.* – 2006. – № 40. – P. 724-738.
318. Benesch R. Zur Ontogenie und Morphologie von Artemia salina L. // *Zool. Jb. Anat. Bd.*, 1969. – 86. - P. 307-458.
319. Bengtson D.A., Léger P., Sorgeloos P. Use of Artemia As a Food Source for Aquaculture // *Artemia Biology*, Boca Raton, FL CRC. - 1991. - V.11. - P. 255-285.
320. Ben Naceur H., Ben Rejeb Jenhanib A., Romdhane M. S. Variability of Artemia salina Cysts from Sabkhet El Adhibet (Southeast Tunisia) with Special Regard to their Use in Aquaculture // *Inland Water Biology*. - 2010. - V. 3, № 1 - P. 70–78.
321. Berge J.P., Barnathan G. Fatty acids from lipids of marine organisms: molecular biodiversity, roles as biomarkes, biologically active compounds, and economical aspects *Adv. Biochem. Eng. Biotechnol.* 2005. V. 96. - P. 49–105
322. Bhargava S.C., Jakher G.R., Saxena M.M., Sinha R.K. Ecology of Artemia in Didwana Salt Lake (India) // *Artemia Research and its Applications*. - 1987. – № 3. – P. 127-133.
323. Boere G.C., Stroud D.A. The flyway concept: what it is and what it isn't. // *Waterbirds around the world*. Eds. G.C. Boere, Galbraith C.A., Stroud D.A. The Stationery Office, Edinburgh, UK. 2006. P. 40-47.
324. Bowen S.T., Durkin J.P., Sterling G., Clark L.S. Artemia hemoglobins: genetic variation in parthenogenetic and zygogenetic populations // *Biol. Bull.* - 1978. - Vol. 155. - P. 273-287.
325. Boyko E., Barmintsev A., Volkov A. Experimental development of molecular-genetic testing of different Artemia populations // *INCO-DEV Project of Artemia Biodiversity*. Iran international workshop Urmia, sep. 21-25, 2004. – Urmia, 2004. – P. 34-36.
326. Boyko, E.G., Litvinenko, L.I., Kutsanov, K.V., Gabdullin, M.A. Specific features of the biology of Artemia in lakes of the Urals and Western Siberia // *Russian Journal of Ecology*. – 2012. - 43(4). - P. 333–340.

327. Boyko E., Litvinenko L., Litvinenko A. The Biodiversity of Shrimp Genus *Artemia* from Russia Lakes: Morphometric, Cytogenetics and DNA-analysis // *Acta Geologica sinica* (English Edition). 2014. - V. 88. (supp.1). - P.58-60.
328. Bransden M.P., Battaglione S.C., Morehead D.T., Dunstun G.A., Nichols P.D. Effect of Dietary 22:6n-3 on Growth, Survival and Tissue Fatty Acid Profile of Striped Trumpeter (*Latris lineate*) Larvae Fed Enriched *Artemia* // *Aquaculture*. - 2005. - V. 243. - P. 331–344.
329. Browne R.A., Sallee S.E., Grosch D.S., Segreti W.O., Purser S.M. Partitioning genetic and environmental components of reproduction and lifespan in *Artemia* // *Ecology*. – 1984. – 65 (3). – P. 949–960.
330. Browne R.A., Wanigasekara G., Simonek S., Brownlee D., Eiband G., Cowan J. Ecological, physiological and genetic divergence of sexual and asexual (diploid and polyploidy) brine shrimp (*Artemia*) // *Advances in Ecology*. – 1991. – 1. – P. 41–52.
331. Bücken H., Horneck G. The biological effectiveness of HZE-particles of cosmic radiation studied in the Apollo 16 and 17 Biostack experiments // *Acta Astronautica*. – 1975 – 2 (3–4). P. 247–264.
332. Camara M.R. Dispersal of *Artemia franciscana* Kellogg (Crustacea; Anostraca) populations in the coastal saltworks of Rio Grande do Norte, northeastern Brazil // *Hydrobiologia*. – 2001 - 466.- P. 145-148.
333. Candreva P., Dhert, P., Novelli, A., Brissi, D., 1996. Potential gains through alimentation nutrition improvements in the hatchery. In : Chatain, B., Sargalia, M., Sweetman, J., Lavens, P. (Eds.), *Seabass and Seabream culture : problems and prospects. An international workshop, 16-18 October 1996, Verona, Italy*. Eur. Aquacult. Soc. 388, 148-159.
334. Castro T., Castro G., Castro J., Malpica A., De Lara R. Morphometric characteristics and quality of *Artemia* sp., cysts (Crustacea:Anostraca), living in sulphated waters in Coahuila, Mexico // *Ciencias Marinas*. - 1997. - 23 (4). P. 491-503.
335. Chalabia C.D, Refes W., Varó I., Hontoria F., Amat F. and Navarro J.C. Quality evaluation of *Artemia* cysts from three Algerian populations // *African Journal of Aquatic Science*. - 2021. - P. 1–9.
336. Clark J.W., Bowen S.T. The genetics of *Artemia salina*. VII. Reproductive isolation // *J. Heredity* - 1976. -Vol. 67(6). - P. 385–388.
337. Clegg J.S., Hoa N.V., Sorgeloos P. Thermal tolerance and shock proteins in encysted embryos of *Artemia* from widely different thermal habitats // *Hydrobiologia* - 2001. - Vol. 466. - P. 221-229.

338. Clegg J.S., Trotman C.N.A. Physiological and biochemical aspects of Artemia ecology // *Artemia. Basic and applied biology*. - Kluwer Academic Publishers, 2002. - P. 129-170.
339. Cohen R.G., Amat F., Hontoria F. and Navarro J.C. Preliminary characterization of some Argentinean Artemia population from La Pampa and Buenos Aires provinces. *International Journal of Salt Lake Research*. 1999. – 8. - P. 329-340.
340. Cohen RG. Review of the biogeography of Artemia Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in Argentina // *Int. J. Artemia Biol.* -2012. – 2. -P. 9-23.
341. Correa Sandoval F., Cordero Esquivel B., Valenzuela-Espinoza E., Escobar Fernandez R., Biochemical composition of laboratory-cultured adults of Artemia franciscana Kellogg 1906 // *Rivista Italiana di Acquacoltura*. - 1994. – 29 – P. 63-66.
342. Cowgill U.M., Emmel H.W., Boggs G.U., Murphy P.G., Gersich F.M., Takahashi I.T., Bengtson D.A. Variations in chemical composition of Artemia cysts from three geographical locations in Artemia Research and its Applications. V. 1 Sorgeloos, P. Sorgeloos, Bengtson D. F. et al eds. Unaversa Press, Wetteren, Belgium, 1987, 173 p.
343. Croghan P.C. The osmotic and ionic regulation of Artemia salina (L.) // *J. exp. Biol.* — 1958. -Vol. 53, N 1. - P. 219-233.
344. De Los Santos C.S., Sorgeloos P., Lavina E., Bernardino A. Successful inoculation of Artemia and production of cysts in Manmade salterns in the Philippines // *Abstracts of International Symposium on the Brine Shrimp Artemia salina*. - Belgium, State University of Ghent, 1979. P.47.
345. De Vos S., Rombauts S., Coussement L., W. Dermauw W., Vuylsteke M., Sorgeloos P., Clegg J.S., Nambu Z., Van Nieuwerburgh F., Norouzitallab P., Van Leeuwen T., De Meyer T., Van Stappen G., Van de Peer Y. and Bossier P. The genome of the extremophile Artemia provides insight into strategies to cope with extreme environments // *BMC Genomics* 22. - 2021. № 635. – P. 2-26.
346. Dendrinou P., Thorpe J.P., Experiments on the artificial regulation of the amino acid and fatty acid contents of food organisms to meet the assessed nutritional requirements of larval, post-larval and juvenile Dover sole (*Solea solea* (L.)) // *Aquaculture*. 1987 - 61. - P.121-154.
347. Devresse B., Romdhane M., Buzzi M., Rasowo J., Leger Ph., Brown J., Sorgeloos P. Improved larviculture outputs in the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* fed a diet of Artemia nauplii enriched with n3-HUFA and phospholipids // *World Aquaculture*, 1990. - N 21-(2). - P. 123-125.
348. Dhert P., Sorgeloos P., Devresse B. Contributions towards a specific DHA enrichment in the live food *Brachionus plicatilis* and Artemia sp. // *Fish Farming Technology* (Reinertsen H, Dahle LA, Jørgensen L, Tvinnerheim K., eds.). - 1993. - Balkema, Rotterdam. - P. 109-115.

349. Dhont J., Lavens P., Sorgeloos P. Development of a lipid-enrichment technique for *Artemia* juveniles produced in an intensive system for use in marine culture // *Journal of Aquaculture Research*. - 1991. - 669 p.
350. Dhont J., Lavens P., Sorgeloos P. Preparation and use of *Artemia* as food for shrimp and prawn larvae // *CRC Handbook in Mariculture / Vol. 1. Crustacean Aquaculture*. McVey J. (Ed.), CRC Press, Boca Ration, Florida, USA. 1993. - P. 61-93.
351. Dhont J., Sorgeloos P. Application of *Artemia* // *Artemia: Basic and Applied Biology*, Kluwer: Acad. Publ. - 2002. - P. 251–277.
352. Dobbeni A. Report PHITS COOVI. - 1983. - Anderlecht, Belgium. - 9 pp.
353. Dutrieu J. Observations biochimiques et physiologiques sur le developpement d' *Artemia salina* Leach. // *Arch. Zool. Exp. Gen.* - 1960. - Vol. 99. - S. 1-134.
354. Ebrahimi E. Determination of the best time to transfer Beluga (*Huso huso*) juveniles from natural to commercial diets // *Journal of Applied Ichthyology*. - 2006. - Vol. 22. - P. 274-277.
355. Egert S., Kannenberg F., Somoza V., et al. Dietary  $\alpha$ -Linolenic Acid, EPA, and DHA Have Differential Effects on LDL Fatty Acid Composition but Similar Effects on Serum Lipid Profiles in Normolipidemic Humans // *J. Nutr.* 2009. - Vol. 139, № 5. - P. 861 - 868.
356. Eimanifar A., Van Stappen G., Marden B., Wink M. *Artemia* biodiversity in Asia with the focus on the phylogeography of the introduced American species *Artemia franciscana* Kellogg, 1906 // *Mol. Phylogenet. Evol.* 2014. - 79. - P. 392–403.
357. Eimanifar A., Van Stappen G., Wink M. Geographical distribution and evolutionary divergence times of Asian populations of the brine shrimp *Artemia* (Crustacea, Anostraca) // *Zool. J. Linn. Soc.* 2015. – 174. – P. 447–458.
358. Edgar R.C. Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST // *Bioinformatics*. – 2010. 26(29). P. 2460-2461
359. El-Bermawi N., Baxevanis A.D., Abatzopoulos T.J. et al. Salinity effects on survival, growth and morphometry of four Egyptian *Artemia* populations (International study on *Artemia*. LXVII) // *Hydrobiologia*. - 2004. - V. 523 (1-3). - P. 175-188.
360. Eliassen E. The energy metabolism of *Artemia salina* in relation to body size, seasonal rhythms and different salinities - *Univ. Bergen arb. Natur vit. R. (II)*. 1952. - 17 p.
361. Emerson D.N. The metabolism of hatching embryos of the brine shrimp *Artemia salina* – *Proc. Dak. Acad. Sci.*, 1963.- v. 42.
362. Engelmann M., Sliggers B. Johannes Albertus Schlosser, the first author describing *Artemia salina* (L.) (Branchiopoda: Anostraca): A biographical sketch *Journal of crustacean biology*. 2015.- 35(4), P. 571-575.

363. Estevez A., McEvoy L.A., Bell J.G., Sargent J.R. Effects of temperature and starvation time on the pattern and rate of loss of essential fatty acids in *Artemia nauplii* previously enriched using arachidonic acid and eicosapentaenoic acid-rich emulsion // *Aquaculture*. 1998. 165. P. 295-311.
364. Gallagher M.L., Brown W.D. Composition of San Francisco Bay brine shrimp (*Artemia salina*) // *J. Agricultural and Food Chemistry*. 1975. 23, 630-632.
365. Gajardo G., Colihueque N., Parraguez M., Sorgeloos P. International Study on *Artemia*. LVIII. Morphologic differentiation and reproductive isolation of *Artemia* populations from South America // *Intern. J. of Salt Lake Research*. - 1998. - Vol. 7.- P. 133-151.
366. Gajardo G., Parraguez M., Beardmore J.A., Sorgeloos P. Reproduction in the brine shrimp *Artemia* evolutionary relevance of laboratory cross-fertility tests // *The Zoological Society of London*. - 2001.- № 253. - P. 25-32.
367. Gajardo G., Abatzopoulos T., Kappas I., Beardmore J.A. Evolution and speciation // *Artemia. Basic and applied biology* / Eds T.J. Abatzopoulos, J.A. Beardmore, J.S. Clegg, P. Sorgeloos. — Kluwer Academic Publishers, 2002. - P. 225-250.
368. Gapasin R.S., Bombeo J., Lavens R., Sorgeloos P., Nelis H.J. Enrichment of live food with essential fatty acids and vitamin C: effects on milkfish (*Chanos chanos*) larval performance // *Aqua.*, 1998. - P. 269-286.
369. García-Ortega A., Verreth J.A.J., Coutteau P., Segner H., Huisman E.A., Sorgeloos P. Biochemical and enzymatic characterization of decapsulated cysts and nauplii of the brine shrimp *Artemia* at different developmental stages // *Aquaculture*. – 1998 -161(1/4). - P. 501-514.
370. Gilchrist B.M. Haemoglobin in *Artemia* // *Proceedings Royal Society*. 1954. V. 143 (910). – P.136-146. doi:10.1098/rspb.1954.0059.
371. Gilchrist B.M. The oxygen consumption of *Artemia salina* (L.) in different salinities // *Hydrobiologia*. - 1956. 8. P. 54–65. doi.org/10.1007/BF00047481.
372. Gosalbo A., Amat F. Composición bioquímica de biomásas silvestres de *Artemia* (Crrustacea? Branchiopoda, Anostraca) // *Inv. Pecq.* - 1988 – 52 - P. 375-385.
373. Hafezieh M., Mohd Salah Kamarudin S., Che Rose Bin Saad, Mostafa Kamal Abd Sattar, Agh N., Valinassab T., Sharifian M., Hosseinpour H. Effects of enriched *Artemia urmiana* with HUFA on growth, survival and fatty acids composition of the Persian sturgeon larvae (*Acipenser persicus*)// *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. № 9 (1). Iran, 2010. - P. 61-72.
374. Hammer U.T., Haynes R.C., Heseltine J.M., Swanson S.M. The saline lakes of Saskatchewan // *Verhandlungen Inter. Verein Limnol.* - 1975. -Vol. 191. - P. 589-598.

375. Han K., Geurden I., Sorgeloos P., Enrichment of the nauplii of two *Artemia* species with docosahexaenoic acid // *Crustacean issues*. - 1999. – 12. - P. 599-604.
376. Han K., Geurden I., Sorgeloos P. Comparison of docosahexaenoic acid (22: 6n-3) levels in various *Artemia* strains during enrichment and subsequent starvation // *Journal of the World Aquaculture Society*. – 2000a. - 31(3). – P. 469-475.
377. Han K., Geurden I., Sorgeloos P. Enrichment strategies for *Artemia* using emulsions providing different levels of n-3 highly unsaturated fatty acids // *Aquaculture*. – 2000b. - 183. (3/4). - P. 335-347.
378. Hannah C., Mani M., Ramasamy R. Evaluation of the Biochemical Composition of Four Marine Algae and Its Nutritional Value for Brine Shrimp // *Journal of Pharmacy and Biological Sciences*. Vol. 6, Issue 3. 2013. - P. 47-51.
379. Hasan M. Status of world aquaculture and global aquafeed requirement with special notes on *Artemia*// Report of the FAO Expert Workshop on sustainable use and management of *Artemia* resources in Asia. Tianjin, China, 7-9 November 2016. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017. P. 20-21.
380. Hebert P.D.N., Remigio E.A., Colbourne J.K. et al. Accelerated molecular evolution in halophilic crustaceans // *Evolution*. – 2002. – V. 56, № 5. – P. 909 – 926.
381. Helland S., Triantaphyllidis G.V., Fyhn Y.J., Evjen M.S., Lavens P., Sorgeloos P. Modulation of the free amino acid pool and prtein content in populations of the brine shrimp *Artemia* spp. // *Marine Biology*. - 2000. - 137. - P. 1005-1016.
382. Hirata H. 1980. Culture methods of the marine rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Min. Rev. Data file Fish. Res. Kagoshima Univ.* - 1980. -1, P. 27-46.
383. Hirayama K. A consideration of why mass culture of the rotifer *Brachionus plicatills* with baker's yeast is unstable. *Hydrobiologia*. – 1987. -147. P. 269-270.
384. Hoa N.V., Thong L.V., Sorgeloos P. State of the Art of Brine Shrimp *Artemia* Production in Artisanal Saltworks in the Mekong Delta, Vietnam *World Aquaculture*.- 2020.- 51(3). P.19-22.
385. Hoa N.V., Le T.H. Determination of appropriate fertilisation frequencies for optimising wild algae development//*AAFL Bioflux*, 2021, Volume 14, Issue 2. <http://www.bioflux.com.ro/aac>
386. Hontoria F., Amat F. Morphological characterization of adult *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda) from different geographical origins. Mediterranean populations // *J. Plankton Res.* - 1992. - Vol. 14. - P. 949-959.
387. Horváth Z., Lejeusne C., Amat F. et al. Eastern spread of the invasive *Artemia franciscana* in the Mediterranean Basin, with the first record from the Balkan Peninsula //*Hydrobiologia*. 2018. - 822 - P. 229–235. [doi.org/10.1007/s10750-018-3683-z](https://doi.org/10.1007/s10750-018-3683-z).

388. Hou L., Bi X., Zou X., He C., Yang L., Qu R., Liu Z. Molecular systematics of bisexual *Artemia* populations. *Aquaculture Research*, 37. - 2006. -P. 671–680. doi:10.1111/j.1365-2109.2006.01480.x
389. International Symposium on the Brine Shrimp «*Artemia salina*» Abstracts. Corpus Christi, Texas, August 20-23, 1979. 137 p.
390. Jafaryan H., Samira<sup>1</sup>, Aghilinejad M. The role of baker's yeast and probiotic bacilli on controlling mortality and production efficiency in *Acipenser persicus* and *Huso huso* in larviculture //7th International Symposium on Sturgeon, Nanaimo, Canada, 2013. - V. 5, - P.149.
391. Jankovych A., Kouril J., Korentovich M. The effect of using enriched *Artemia* nauplii (*Artemia franciscana*) for early grow-out, survival and growth of pike-perch fry (*Sander lucioperca*) // Материал международн. конф. Водняны, Чехия, 2014. – P. 50.
392. Jumalon N.A., Estenor D.G., Ogburn D.M. Commercial production of *Artemia* in the Philippines // *Artemia Research and Applications*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in aquaculture. Universa Press, Wetteren, Belgium, 1987. -P. 231-238.
393. Kanazawa A., Teshima S.-I., Ono K. Relationship between fatty acid requirements of aquatic animals and the capacity for bioconversion of linolenic acid to highly unsaturated fatty acids // *Comparative Biochemistry and Physiology, Part : Comparative Biochemisrty*. V. 63 (3). - 1979, P. 295-298 doi: 10.1016/0305-0491(79)90251-7.
394. Kara M.H., Bengraïne K.A., Derbal F., Chaoui L., Amarouyache M. Quality evaluation of a new strain of *Artemia* from Chott Merouane (Northeast Algeria) // *Aquaculture*. - 2004. - 235. - P. 361–369. doi.org/10.1016/j.
395. Kara M.H. and Amarouyache M. Review of the biogeography of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in Algeria // *International Journal of Artemia Biology* 2012, V. 2, № 1. – P. 40-50.
396. Khajibayev Q., Berdimbetova G., Qarlibayeva B., Oshchepkova Yu. Determination of amino acids buffer of soluble proteins of the Aral Sea *Artemia* cyst // *Chemistry and chemical Engineering*. - 2019.- №4. - P.61-67.
397. Korentovich M., Litvinenko A. Artificial Production of Siberian Sturgeon Fingerlings for Restocking // Book: *The Siberian Sturgeon (Acipenser baerii, Brandt, 1869)*, Volume 2 – Farming. Springer International Publishing AG, Part of Springer Nature, 2018. - P. 181-216. DOI:10.1007/978-3-319-61676-6\_12.
398. Koval A., Kozlov O., Podkorytova L. Bio-Resources as the Object of Natural Resource Management of Lakes in the Kurgan Region // *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 2020. volume 392. P. 261-265.

399. Kuehn D. The brine shrimp industry in Utah // Great Salt Lake: An Overview of Change. Gwynn J.W. ed. DNR Special Publication. Salt Lake City. Utah. USA. 2002. P.259–264.
400. Kutsanov K.V., Litvinenko L.I. Experimental study of increasing the bioproductivity of salt lakes by introduction of *Artemia nauplii* // Сб.: 13th International Conference on Salt Lake Research. 2017. С. 120.
401. Lavens P., Sorgeloos P. The cryptobiotic state of *Artemia* cysts, its diapause deactivation and hatching: a review // *Artemia Research and its Applications*. – 1987a. – № 3. – P. 27-63.
402. Lavens P., Sorgeloos P. Design, operation, and potential of a culture system for the continuous production of *Artemia nauplii* // *Artemia Research and its Applications*. – 1987b. – № 3. – P. 339-345.
403. Lavens P., Léger P., Sorgeloos P. Manipulation of the fatty acid profile in *Artemia* offspring using a controlled production unit // *Aquaculture and Biotechnology in Progress* (De Pauw N., Jaspers E., Ackefors H., Wilkins N. Eds.), European Aquaculture Society, Bredene, Belgium, 1989. - P. 731-739.
404. Lavens P., Sorgeloos P., Dhert P. and Deresse B. Larva foods // *Broodstock management and egg and larval quality*. Blackwell Science Ltd. (Bromage, N.R., Roberts, R.A. Eds). - 1995. Oxford, UK, p. 424.
405. Lavens P., Sorgeloos P. The history, present status and prospects of the availability of *Artemia* cysts for aquaculture // *Aquaculture - 2000*. - 181. - P. 397-403.
406. Leger Ph., Vanhaecke P., Sorgeloos P. International Study on *Artemia* XXIV. Cold Storage of Live *Artemia Nauplii* from Various Geographical Sources Potentials and Limits in Aquaculture // *Aquacultural Engineering*. 1983. - 2. – P. 69-78.
407. Léger Ph., Bengtson D.A., Simpson K.L, Sorgeloos P. The use and nutritional value of *Artemia* as a food source // *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*- 1986. - V. 24. - P. 521-623.
408. Leger Ph., Bengtson D.A., Sorgeloos P., Simpson K.L., Beck A.D. The nutritional value of *Artemia*: a review // *Artemia Research and its Applications*.1987a. -V.3 – Universa Press, Wetteren, Belgium. - P.357-372.
409. Léger Ph, Naessens-Foucquaert E, Sorgeloos P., International Study on *Artemia* XXXV. Techniques to manipulate the fatty acid profile in *Artemia nauplii*, and the effect on its nutritional effectiveness for the marine crustacean *Mysidopsis bahia* (M). // *Artemia Research and its Applications* 1987b. -V.3. Wetteren, Belgium, Universa Press. – P. 411-424.
410. Lenz P.H. Population studies on *Artemia* in Mono Lake, California. — Santa Barbara: Ph.D. thesis. University of California, USA, 1982. — 230 p.

411. Lenz P.H. Ecological studies on Artemia: a review // *Artemia Research and its Applications*. V.3. (Sorgeloos P., Bengtson D.A., Declair W., Jaspers E.(eds). 1987. Belgium: Universa Press, Wetteren, P. 5-18.
412. Lenz P.H., Browne R.A. Ecology of Artemia // *Artemia biology* / Eds. R.A. Browne, P. Sorgeloos, C.N.A. Trotman. — CRC Press, 1991. — P. 237–253.
413. Lenz P.H., Dana G.L. Life-cycle studies in Artemia: a comparison between a sub-tropical and a temperate population // *Artemia Research and Applications* / Eds. P. Sorgeloos, D.A. Bengtson, W. Declair, and Jaspers. — Wetteren, Belgium: Universa Press, 1987. — Vol. 3: Ecology, Culturing, Use in aquaculture. — P. 89–100.
414. Lim L.C., Soh A., Dhert P. and Sorgeloos, P. Production and application of on-grown Artemia in freshwater ornamental fish farm // *Aquaculture Economics and Management*. 2001. – 5. - P. 211-228.
415. Litvinchuck L., Moscatello S., Shadrin N. and Belmonte G. Zooplankton from coastal salt lakes of the Crimea (Ukraine) // *Rapport du 38 Congres de la Ciesm – Istanbul (Turquie) - 2007*. - V. 38. – P. 530.
416. Litvinenko L.I., Kozlov A.V., Kovalenko A.I., Bauer D.S. Salinity of water as a factor to determine the development of the brine shrimp Artemia populations in Siberian lakes // *Hydrobiologia*, 2007. - 576(1). - P. 95–101.
417. Litvinenko L.I., Boyko E.G. The Morphological Characteristics of Artemia Shrimps from Siberian Populations // *Inland water biology*. - V. 1, № 1 - 2008. - P. 40-48.
418. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G., Kutsanov K.V. Effect of environmental factors on the structure and functioning of biocoenoses of hyperhaline water reservoirs in the south of Western Siberia // *Contemporary Problems of Ecology*. – 2013. - 6(3), P. 252–261.
419. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boiko E.G., Kutsanov K.V. Artemia cyst production in Russia // *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. – 2015. - 33(6). - P. 1436–1450. <http://dx.doi.org/10.1007/s00343-015-4381-6>
420. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Kuzanov K. Artemia cyst stocks in Russian Salt Lakes and the ways of their Increasing // *BIT's 4th Annual World Congress of Aquaculture and Fisheries*. Qingdao, China – 2015a. – P. 167.
421. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G. Brine shrimp Artemia in Western Siberia lakes. - Novosibirsk: Nauka, 2016. - 295 p.
422. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G., Kutsanov K.V., Korentovich M.A. The effects of Artemia cyst harvesting on the salt lake ecosystem // *Journal of Siberian Federal University - Biology*, 2020, 13(4), pp. 348–367. doi: 10.17516/1997-1389-0333

423. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G., Korentovich M.A. Increase production of Artemia cysts in hypersaline lakes of the temperate climate zone by inoculation of nauplii // International Journal of Advanced Science and Technology Vol. 29, No. 4s, (2020a), pp. 2532-2542
424. Litvinenko L.I., Kutsanov, K.V., Razova, L.F., Gerasimov, A.G., Brazhnikov, E.V. Intra- And interpopulation variability of cysts and adults of Artemia (Branchiopoda: Anostraca) in Siberian populations (morphometry) // Marine Biological Journal, 2021a, 6(2), P. 33–51.
425. Litvinenko L., Litvinenko A., Boyko E., Korentovich M., Zenkovich P. Experimental studies to increase the natural resources of brine shrimp Artemia in hyperhaline reservoirs // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021b, 937(2), 022073. doi:10.1088/1755-1315/937/2/022073.
426. Litvinenko L.I., Zenkovich P.A. Features of Artemia Cultivation in Lakes with different salinity // Study of aquatic and terrestrial ecosystems: History and contemporary state. 2021. C. 623-624.
427. Litvinenko L., K. Kutsanov, I. Glukhikh, P. Zenkovich and L. Razova Features of Artemia aquaculture technology in Russia, prospects for its use in other temperate and tropical climates // E3S Web of Conferences 431, 01047 (2023), ITSE-2023. doi.org/10.1051/e3sconf/202343101047
428. Ludskanova J. Die Entwicklung von Artemia salina L. in den Teichen der Salzgarten von Burgas und Pomorije // Arch.Hydrobiol. - 1974. - Vol. 74. - P. 473-478.
429. Manual for the culture and use of brine shrimp in aquaculture / P. Sorgeloos, P. Lavens, Ph. Leger et al. (eds.) — Belgium: Chent universiteit, 1986. — 319 p
430. Manual on the production and use of live food for aquaculture / P. Lavens; P. Sorgeloos (eds.). FAO Fisheries Technical Paper. Rome, FAO. 1996. №. 361. - 295 p.
431. Manual on the Production and Use of Brine Shrimp Artemia in Aquaculture. G. Van Stappen, P. Sorgeloos, G. Rombaut (eds.) FAO Fisheries Technical Paper, Ghent, Belgium, 2023.
432. Maccari M., Amat F., Gomez A. Origin and Genetic Diversity of Diploid Parthenogenetic Artemia in Eurasia. - 2013. - PLoS ONE 8(12): e83348. doi:10.1371/journal.pone.0083348
433. Marden B., Van Stappen G., Musaev A., Mirabdullayev I., Joldasova I., Sorgeloos P. Assessment of the production potential of an emerging Artemia population in the Uzbek territory of the Aral Sea//J. Marine Systems. 2012. V. 92. P. 42-52.
434. Marden B., Brown P., Bosteels T. Great Salt Lake Artemia: Ecosystem Functions and Services with a Global Reach // Baxter, B., Butler, J. (eds) Great Salt Lake Biology. 2020. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-40352-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-40352-2_7).

435. Matty A.J. Fatty acid confusion in fish diets // *Fish Farming International*. 1989. 16. - P. 13-14.
436. Merchie G. Use of nauplii and meta-nauplii // *Manual on the production and use of live food for aquaculture* / Edited by Lavens P., Sorgeloos P. Ghent, Belgium. University of Ghent. 1996. - C.137-158.
437. Merchie G., Lavens P., Dhert Ph. Dietary ascorbic acid requirements during the hatchery production of turbot larvae // *Journal of Fish Biology*. - 1996. - P. 573-583.
438. Millamena O.M., Bombeo R.F., Jumalon N.A., Simpson K.L. The effect of various diets on the nutritional value of Artemia as feed for Penaeus monodon larvae // *Book of Abstracts, 16th Annual Meeting World Mariculture Society, Orlando, IT, 1985*, P. 21.
439. Millamena O.M., Bombeo R., Jumalon N.A., Simpson K.L. The effect of various diets on the nutritional value of Artemia as feed for Penaeus monodon post-larvae. *Mar. Biol.* -1988. – 98.- P. 217–221.
440. Mirabdullayev, I.M., Joldasova, I.M., Mustafaeva, Z.A., Kazakhbaev, S., Lyubimova, S.A. & Tashmukhamedov, B.A. Succession of the ecosystems of the Aral Sea during its transition from oligohaline to polyhaline water body. *Journal of Marine Systems* 2004. 47(1–4): 101-107. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2003.12.012>
441. Morris J.E., Afzelius B.A. The structure of the shell and outer membranes in encysted Artemia salina embryos during cryptobiosis and development//*Journal of Ultrastructure Research*. – V. 20, Issues 3–4, 10 October 1967, P. 244-259.
442. Moruzi I.V.; Vesnina L.V.; Tokarev V.S.; Pishchenko E.V.; Djakovskay E.E.; Kropachev D.V.; Farhod R.M.; Bibikov I.V. Biochemical composition of Artemia cysts used as food for juvenile fish from different hypersaline lakes of the Altai territory // *J. Ekoloji*. 2017. Vol. 26, Issue 102. e102001
443. Muñoz J., Gómez A., Green A.J., Figuerola J., Amat F., et al. Evolutionary Origin and Phylogeography of the Diploid Obligate Parthenogen Artemia parthenogenetica (Branchiopoda: Anostraca) // *PLoS ONE*. - 2010. - 5(8). - e11932. doi: 10.1371/journal.pone.0011932.
444. Mura G., Fanfani A., Del Caildo L. Sibling species of Artemia a light and electron microscopic survey of the morphology of the frontal knobs. Part II // *J. of crustacean biology*.- V.9, № 3 - 1989. - C. 420-424.
445. Mura G. Artemia salina (Linnaeus,1758) from Lymington, England: frontal knob morphology by scanning electron microscopy // *J. rust. Biol.* -1990.-Vol. 10.-P. 364-368.

446. Mura G. General remarks on the usefulness and limits of morphological characters in species separation within the genus *Artemia* // INCO-DEV Project on *Artemia* Biodiversity. Iran international workshop - sep. 21–25, 2004. - Iran: Urmia, 2004. - P. 70-74.

447. Mura G., Nagorskaya L. Notes on the distribution of the genus *Artemia* in the former USSR countries (Russia and adjacent regions) // *Journal of Biological Research*. 2005. – 4 – P. 139-150.

448. Nassens E.; Van Stappen G. The need for more diversity in *Artemia* cyst resources: varying characteristics a handicap or an opportunity for the optimal use of *Artemia* in fish and shellfish larviculture // *Larvi 2001: 3rd fish and shellfish larviculture symposium* Gent, Belgium, 2001. Special Publication European Aquaculture Society, 30. P. 40.

449. Naganawa H., Mura G. Two new cryptic species of *Artemia* (Branchiopoda, Anostraca) from Mongolia and the possibility of invasion and disturbance by the aquaculture industry in East Asia // *Crustaceana*. - 2017. - 90 (14). P. 1679-1698.

450. Naihong Xin Strain Characterization of *Artemia* from 9 Inland Salt lakes of China // Inco-dev Project on *Artemia* biodiversity. Iran International workshop – sep.21-24, 2004. – Urmia, Iran. P.75-78.

451. Najdegerami E.H., Baruah K., Shiri A., Rkecki A., Van den Broeck W., Sorgeloos P., Boon N., Bossier P., De Schryver P. Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) larvae fed *Artemia* nauplii enriched with poly- $\beta$ -hydroxybutyrate (PHB): effect on growth perfor // *Aquaculture Research*, 2013. - P. 1-12.

452. National Research Council Nutrient Requirements of Cold -Water Fishes. National Academy Press Washington DC.1981.

453. Nei M. Genetic distance between populations // *Amer. Naturalist*. - 1972. - V. 106. - P. 283-292.

454. Nouri F., Takami, G.A., Sorgeloos P. Enrichment of *Artemia* with essential fatty acids, Lipid emulsions and vitamin C and its effect on the performance of *Acipenser persicus* larvae under the effect of salinity stress // *5th International Symposium on Sturgeon, Extended Abstracts, Aquaculture*. – Ramsar, Iran, 2005. - P. 100-102.

455. Olesen J. Phylogeny of Branchiopoda (Crustacea) – Character Evolution and Contribution of Uniquely Preserved Fossils // *Arthropod Systematics and Phylogeny*. – 2009. – V. 67, № 1. – P. 3 – 39.

456. Pador E. Characterization of the *Artemia urmiana* Gunther 1900 from lake Urmia, Iran // M.Sc. Thesis. Vrije Universiteit Brussel and Laboratory of Aquaculture and *Artemia* Reference Center, University of Ghent, Belgium. – 1995. – 61 p.

457. Perez M.L., Valverde J.R., Batuecas B., Amat F., Marco R., Garesse R. Speciation in the *Artemia* genus: mitochondrial DNA analysis of bisexual and parthenogenetic brine shrimps // *Journal of Molecular Evolution*. 1994. - 38(2). – P. 156–168. doi: 10.1007/BF00166162.
458. Persoone G., Sorgeloos P. General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia* // *The Brine Shrimp Artemia* / Eds. G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels Jaspers. — Wetteren, Belgium: Universa Press. 1980. - V. 3. - P. 3-24.
459. Peykaran Mana N.; Vahabzadeh H.; Seidgar M.; Hafezieh M.; Pourali H.R Proximate composition and fatty acids profiles of *Artemia* cysts, and nauplii from different geographical regions of Iran//*Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 2014. 13(3). - P. 761 -775.
460. Pilla E.J.S., Beardmore J.A. Genetic and morphometric differentiation in Old World bisexual species of *Artemia* (the brine shrimp) // *Heredity*. - 73. - 1994. - P. 47-56.
461. Planel H., Gaubin Y., Kaiser R., Pianezzi B. The effects of cosmic rays on *Artemia* egg cysts: Report for National Aeronautics and Space Administration // *Laboratoire Medicale, Faculté de Médecine, Toulouse, France*. 1980.
462. Post F.J., Youssef N.N. A prokaryotic intracellular symbiont of the Great Salt Lake brine shrimp *Artemia salina* (L.) // *Canadian Journal of Microbiology*. 1977. 23. P. 1232-1236.
463. Prokopiev S.I., Ovchinnikova T.E., Vasiliev O.F. Thermodynamic characteristics of water in natural water bodies with a high mineralization // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 2010. 46(2): 256-260.
464. Prosser C.L., Brown F.A. *Comparative animal physiology*. - Philadelphia: London, 1962. – 688 p.
465. Prusinska M., Chepurkina M.A., Duba A., Wisziewski G., Kolman R. Wstepne wyniki podchowu larw jesiotra roszyjskiego *acipenser gueldenstaedtii* karmionych zywym pokarmem wzbogacanym // *Nowe gatunki w akwakulturze – rozrod, podchow, profilaktyka, Olsztyn*, 2011. - P. 45-52.
466. Rahman M.M., Nguyen Van Hoa and Sorgeloos P. *Handbook for Artemia pond culture in Bangladesh 2021*.
467. Ramdani M., Elkhiaati N., Flower R.J. Open water zooplankton communities in North African wetland lakes: the CASSARINA Project // *Aquatic Ecology*. - 2001. - Vol. 35. - P. 319-333.
468. Reeve M.R. The filter-feeding of *Artemia*. II. In suspension of various particles // *J. exp. Biol.* -1963a. - V. 40(1). - P. 207-214.
469. Reeve M.R. Growth efficiency of *Artemia* under laboratory conditions. *Biol. Bull.* - 1963b – 125. P. 133-145.

470. Robin J.H. Use of borage oil in rotifer production and Artemia enrichment: effect on growth and survival of turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae // *Aquaculture*. № 161. 1998. - P. 323-331.
471. Rollefson G. Artificial rearing of fry of seawater fish. Preliminary communication // *Rapp. P.-v. Reun. Cons. perm. int. Explor. Mer.* - 1939. - P. 109-133.
472. Romankevich E.A., Vetrov A.A. Masses of carbon in the Earth's hydrosphere // *Geochemistry International*, 2013. - 51(6). P. 431-455.
473. Romdhane M.S., Devresse P., Leger P., Sorgeloos P. Effect of feeding omega 3 HUFA enriched Artemia during a progressively increasing period on the larviculture of the fresh water prawn *Macrobrachium rosenbergii* // *Journal of Aquaculture Research*. - 1994. - P. 581.
474. Romdhane M.S., Devresse B., Leger Ph., Sorgeloos P. Effects of feeding (n-3) HUFA-enriched Artemia during a progressively increasing period on the larviculture of freshwater prawns // *Aquaculture International*. 1995. - N 3. - P. 236-242.
475. Royan J.P. Laboratory and Field studies on an Indian strain of the brine shrimp Artemia // *The brine shrimp Artemia / Vol. 3 Ecology, Culturing, Use in Aquaculture*. - Belgium: Universa Press, Wetteren. 1980. - P. 223-240.
476. Rudneva I.I., Chaban V.V., Shaida V.G., Korepanov A.L. The effect of natural and anthropogenic Factors on the Seasonal Ecohydrological Dynamics of the Eastern Basin of the Hepersaline Sakscoe Lake, the Republic of Crimea // *Water Resources*. – 2023. -V. 50, № 1. - P. 103-112 doi: 10.1134/S009780782301013X.
477. Rudneva I.I., Gaisky P.V., Shaida V.G., Shaida O.V. Assessing Climate and Human Activity Effects on Hypersaline Lake Ecosystem: Case Study of Saki Lake, Crimea // *Water* 2023, 15, 456. 22 p. <https://doi.org/10.3390/w15030456>
478. Sacco M., White N.E., Harrod C. et al., Salt to conserve: a review on the ecology and preservation of hepersaline ecosystems // *Biological Reviews*. 2021. - V.96., Iss.6. P. 2828-2850 doi:10.1111/brv.12780.
479. Sainz-Escudero L., López-Estrada EK, Rodríguez-Flores PC, García-París M. Settling taxonomic and nomenclatural problems in brine shrimps, Artemia (Crustacea: Branchiopoda: Anostraca), by integrating mitogenomics, marker discordances and nomenclature rules // *PeerJ*. 2021 Mar 10;9:e10865. doi 10.7717/peerj.10865.
480. Scelzo M.A., Voglar J.F. Ecological study of the Artemia populations in Boca Chica salt lake, Margarita Island, Venezuela // *The Brine Shrimp Artemia* (Eds. G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels Jaspers) - Wetteren, Belgium: Universa Press, 1980. - V. 3.- P. 115-125.

481. Schrehardt A. A scanning electron-microscope study of the post-embryonic development of *Artemia* // *Artemia. Research and its Applications*. - Belgium, 1987.- Vol. 1.-P. 5-33.
482. Seale A. Brine shrimp (*Artemia*) as a satisfactory live food for fishes // *Trans. Am. Fish. Soc.* - 1933. - V. 63. - P. 129-130.
483. Seidel C.R., Kryznowek J., Simpson K.L. International Study on *Artemia*. XI. Amino acid composition and electrophoretic protein patterns of *Artemia* from five geographical locations// *The Brine Shrimp Artemia*. - Vol. 3. Universa Press, Wetteren, Belgium, 1980.- P. 375-382.
484. Shadrin N.V., Batogova E.A. *Artemia urmiana* Günter, 1890 (Anostraca, Artemiidae) in the Crimean lakes // *Artemia. Proceedings of the International Symposium/Workshop on Biology and Distribution of Artemia. Urmia-Iran, 2009*. - P. 10-12.
485. Shadrin N., Anufriieva E. Review of the biogeography of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in Russia // *Int. J. Artemia Biol.* - 2012a. – 2.- P. 51-61.
486. Shadrin N., Anufriieva E., Galagovets E. Distribution and historical biogeography of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in Ukraine // *Int. J. Artemia Biol.* – 2012b. - 2 (2). P. 30-42.
487. Skoultchi A.I., Morowitz H.J. Information storage and survival of biological systems at temperatures near absolute zero // *Yale Journal of Biology and Medicine*. – 1964. - 37. - P. 158-163.
488. Sorgeloos P. High density culturing of the brine shrimp, *Artemia salina* L. // *Aquaculture*. – 1973. – № 1. – P. 385–391.
489. Sorgeloos P., Roubach R. Past, present and future scenarios for SDG-aligned brine shrimp *Artemia* aquaculture // *FAO aquaculture news* – N° 63.- 2021. - P.55-56.
490. Stephens, D.W. & Birdsey P.W.. Population dynamics of the brine shrimp, *Artemia franciscana*, Great Salt Lake, and regulation of commercial shrimp harvest. In: Gwynn JW (ed) *Great Salt Lake: a scientific, historical and economic overview*. Utah Geological and Mineral Survey, Salt Lake City, 2002.- pp 327–336.
491. Tackaert W., Sorgeloos P. Semi-intensive culturing in fertilized ponds // *Artemia biology*. Browne R.A., Sorgeloos P, Trotman C.N.A. (eds). - CRC Press, 1991. - P. 287-315.
492. Tamaru C.S., Ako H., Paguirigan R., Pang L. Enrichment of *Artemia* for use of Ornamental Fish Production // *Center of Tropical and Subtropical Aquaculture Publication, USA / Journal of Aquaculture*. 2000. - № 133. - P. 2-21.
493. Tarnchalanukit W., Wongrat L. *Artemia* culture in Thailand // *Artemia research and applications*. V.3. - Universa Press, Wetteren, Belgium, 1987. - P. 201-213.

494. Tashlykova N.A.; Afonina E.Y. Habitat and Features of Development of Plankton Communities in Salt Lakes (South-Eastern Transbaikalia, Russia) // *Diversity*. - 2023. – 15 (3). – P. 396. doi.org/10.3390/d15030396.
495. Tasch P. Evolution of the Branchiopoda // *Phylogeny and Evolution of Crustacea*, Museum of Comparative Zoology, Special Publication. - 1963. - P. 145-157.
496. Thun M.A., Starrett G.L. The effect of cold, hydrated dormancy and salinity on the hatching of *Artemia* cysts from Mono Lake, California, USA. // *Artemia research and applications* / Eds. P. Sorgeloos, D.A. Bengtson, W. Decler, E. Jaspers. — Wetteren, Belgium: Universa Press, 1987. — Vol. 3.
497. Tonheim S.K., Koven W., Ronnestad I. Enrichment of *Artemia* with free methionine // *Aquaculture*. № 190. 2000. - P. 223-235.
498. Torrentera L., Dodson S. Morphological diversity of populations of *Artemia* (Branchiopoda) in Yucatan // *J. Crustacean Biology*. 1995. – 15. - P. 86–102.
499. Triantaphyllidis G.V. Characterization of different populations of *Artemia* spp. (Crustacea, Anostraca). Ph.D. thesis, University of Ghent, Belgium. - 1995. - 320 p.
500. Triantaphyllidis G.V., Abatzopoulos T.J., Miasa E., Sorgeloos P. International study on *Artemia* population from Namibia and Madagascar; cytogenetics, biometry, hatchin characteristics and fatty acid profiles // *Hydrobiologia* - 1996 - 335. - P. 97-106.
501. Triantaphyllidis G.V., Criel G.R.J., Abatzopoulos T.J., Sorgeloos P. International Study on *Artemia* LIi. Morphological study of *Artemia* with emphasis to Old World strains. Bisexual populations // *Hydrobiologia*. - 1997a. - V. 357. - P. 134-153.
502. Triantaphyllidis G.V., Criel G.R.J., Abatzopoulos T.J., Sorgeloos P. International Study on *Artemia* LIV. Morphological study of *Artemia* with emphasis to Old World strains. Parthenogenetic populations // *Hydrobiologia*. — 1997b. — V. 357. — P. 155–163.
503. Triantaphyllidis G.V., Abatzopoulos T.J., Sorgeloos P. Review of the Biogeography of the Genus *Artemia* (Crustacea, Anostraca) // *Jour. Biogeogr.* – 1998. – № 25. – P. 213-226.
504. Trotta P., Villani P., Palmegiano G.B., Forneris G., Sarra C. Laboratory-grown *Artemia* as reference food for weaning fish fry and shrimp postlarvae // *Artemia research and its applications* - V.3 Universa Press, Wetteren, Belgium. - 1987. - P. 459-463.
505. Valverde J.R., Batuecas B., Moratilla C., Marco R., Garesse R. The complete mitochondrial DNA sequence of the crustacean *Artemia franciscana* // *Journal of Molecular Evolution*. 1994. - 39(4). - P. 400-408. doi: 10.1007/BF00160272.
506. Vanhaecke P., Sorgeloos P. International Study on *Artemia*. IV. The biometrics of *Artemia* strains from different geographical origin // *The brine shrimp Artemia*. V. 3. Ecology,

Culturing, Use in Aquaculture/Persoons, G.; Sorgeloos, P.; Roels, O.; Jaspers, E.(Eds). – Belgium: Universa Press, Wetteren, 1980. - P. 393-405.

507. Vanhaecke P., Sorgeloos P. International Study on Artemia. XIX. Hatching Data for Ten Commercial Sources of Brine Shrimp Cysts and ReEvaluation of the “Hatching Efficiency” Concept // Aquaculture. - 1983. - V. 30. P. 43–52.

508. Vanhaecke P., Lavens P., Sorgeloos P., International Study on Artemia. XVII. Energy consumption in cysts and early larval stages of various geographical strains of Artemia // Ann. Soc. R. Zool. Belg.- 1983. -V. 113 (2). – P. 155-164.

509. Vanhaecke P., Siddali S.E., Sorgeloos P. International study on Artemia. XXXII. Combined effects of temperature and salinity on the survival of Artemia of various geographical origins // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. - 1984. – 80. - P. 259-275.

510. Vanhaecke P., Tackaert W., and Sorgeloos P. The biogeography of Artemia: an updated review //Artemia Research and its Applications. V. 1. Morphology, Genetics, Strain characterization, Toxicology P. Sorgeloos, D. A. Bengtson, W. Decler, and E. Jaspers (Eds). Universa Press, Wetteren, Belgium. - 1987. - P. 129-155.

511. Van Stappen G. Zoogeography Artemia // Basic and applied biology / Eds. T.J. Abotzopoulos, J.A. Beardmore, J.S. Clegg, P. Sorgeloos. — Kluwer Academic Publishers, 2002. — P. 171–224.

512. Van Stappen G., Liying Sui, Naihong Xin, Sorgeloos P. Characterisation of high-altitude Artemia populations from the Qinghai-Tibet plateau, PR China // Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование. Сб. докл. Междунар. научно-исслед. семинара / Под ред. А.И. Литвиненко – Тюмень: ФГУП "Госрыбцентр", 2004. – С. 148-154.

513. Van Stappen G., Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Marden B., Sorgeloos P. A survey of Artemia resources of Southwest Siberia (Russian Federation) // Reviews in Fisheries Science, 2009 - 17(1) - P. 116–148.

514. Van Stappen, G.; Sui, L.; Hoa, V.N.; Tamtin, M.; Nyongje, B.; Rocha, R.M.; Sorgeloos, P.; Gajardo, G. Review on integrated production of the brine shrimp Artemia in solar salt ponds // Rev. Aquac. 2020, 12, 1054–1071.

515. Velasco S.J., Retana O.D., Castro M.J., Castro M.G. and Castro C.A.E. Effect of different salinities on the survival and reproductive characteristics of populations of Artemia franciscana Kellogg, 1906 from coastal and Inland waters of Mexico // Journal of Entomology and Zoology Studies 2018. - 6(2). - P. 1090-1096.

516. Von Hentig R. Einfluss von Salzgehalt und Temperature auf Entwicklung, Wachstum, Fortpflanzung und Energiebilanz von *Artemia salina*// *Marina Biology*. - 1971. - 9. - P. 145-182.
517. Vos J., Tunsutapanit A. Detailed report on *Artemia* cysts inoculation in Bangpakong, Chachoengsao Province -FAO/UNDP Field Document THA/75/008. - 1979.
518. Walossek D. The Upper Cambrian *Rehbachella* and the phylogeny of Branchiopoda and Crustacea // *Fossils and Strata*. - 1993. - № 1(32). - P. 1 - 202.
519. Watanabe T., Oowa F., Kitajima C., Fujita S. Nutritional quality of brine shrimp, *Artemia salina*, as a living feed from the viewpoint of essential fatty acids for fish // *Bulletin of Japan Society Sciences Fisheries*. - 1978. – 44. P. 1115 –1121.
520. Watanabe T., Kilajima C., Fujita S. Nutritional Values of Live Food Organisms Used in Japan for the Mass Propagation of Fish: A Review // *Aquaculture*. – 1983. - V. 34. - P. 115–143.
521. Waterman T.H. Light sensitivita and vision // *The physiology of Crustacea*. - N.Y.; London, 1961. - Vol. 2.- P. 1-64.
522. Wear R.G., Haslett S.J. Studies on the biology and ecology of *Artemia* from Lake Grassmere, New Zealand // *Artemia Research and its Applications*. – 1987. – № 3. – P. 101-126.
523. Williams W.D. Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems in 2025// *Environmental Conservation*. 2002.- 29 (2): 154–167.
524. Wolfe F.A. A light and electron microscope study of the frontal knob of *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda)// *The brine shrimp Artemia* (Persoon G.P., Sorgeloos P., Roels O., Jaspers E. 1980. V. 1. P. 117-130.
525. Wolvekamp H.P., Waterman T.H. Respiration // *The physiology of Crustacea* (T.H.Waterman ed.). - 1961. - 1. - P. 35-100.
526. Xiaomei W., Catania F., Dooms F., Van Stappen G., Naessens E., Sorgeloos P., Bossier P. Authentication of commercial cyst samples of the brine shrimp *Artemia* spp. by RFLP analysis of mitochondrial RDNA // *Биоразнообразие артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование*. Сб. докл. Междунар. научно-исслед. семинара / Под ред. А.И. Литвиненко – Тюмень: ФГУП "Госрыбцентр", 2004. – С. 155-158.
527. Yoshihachiro N. A probable reason why *Artemia* is confined to isolated saline waters / N. Yoshihachiro // *Artemia research and its applications*. – 1987. – P. 77–78.
528. Zenkovich P.A., Korentovich M.A., Shabalina T.O., Litvinenko A.I., Litvinenko L.I. Experience of using dry biomass of methanotrophic bacteria in the enrichment of artificial feeds for siberian sturgeon juveniles of the ob population // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Сер. "International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial

Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad, DAICRA 2021". - 2022. - C. 012136.

529. Zhang H-X, Luo Q, Sun J, Liu F, Wu G, Yu J, Wang W. Mitochondrial genome sequences of *Artemia tibetiana* and *Artemia urmiana*: assessing molecular changes for high plateau adaptation // *Science China, Life Sciences*. 2013;56(5):440–452. doi: 10.1007/s11427-013-4474-4.

530. Zhang Bo. *Artemia* market situations in China // College of Marine and Environmental Sciences, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin, China // FAO Expert Workshop on Sustainable Use and Management of *Artemia* Resources in Asia, Tianjin, China, 7 – 9 November 2016 - P. 318-330.

531. Zheng B, Sun S-C. 2013. Review of the biogeography of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in China // *Int. J. Artemia Biology*. - V.3.- P.20-50.

532. Zhenqiu, P., S. Jianhua, L. Mingren & B. Bozhong. The biometry of *Artemia parthenogenetica* from different localities in Shandong and Xinjiang // *Transactions of Oceanology and Limnology* (Beijing). 1991. - 2: 62–69.

533. Quynh V.D., Lam N.N. Inoculation of *Artemia* in experimental ponds in central Vietnam: an ecological approach and a comparison of three geographical strains // *Artemia Research and its Applications* / Eds. P. Sorgeloos, D.A. Bengtson, W. Decleir, and Jaspers. — Wetteren, Belgium: Universa Press, 1987. - Vol. 3. - P. 253-269.

534. <http://agroinvestor.ru/companies/article/32201>

535. <http://climatebase.ru/station>

536. <http://inve.com>

537. <http://fish.gov.ru>

538. <http://k-nikom.ru>

539. [http://meteoinfo.ru/images/misc/izmenenie\\_klimata-h/izmenenie\\_klimata\\_n89](http://meteoinfo.ru/images/misc/izmenenie_klimata-h/izmenenie_klimata_n89).

540. [http://meteoinfo.ru/?option=com\\_content&view=article&id=18459](http://meteoinfo.ru/?option=com_content&view=article&id=18459)

541. <http://meteorf.ru>

542. [http://norma.uz/novoe\\_v\\_zakonodatelstve/sozdano\\_gup\\_aral\\_artemiya\\_prom](http://norma.uz/novoe_v_zakonodatelstve/sozdano_gup_aral_artemiya_prom).

543. <http://pogodaiklimat.ru>

544. <http://sibir.arktiskfish.com/index.php/muksun/562-podrashchivanie-lichinki-muksuna>

545. <http://sogoin.ru/2023/01/04/jekspedicionnye-issledovaniya-so-fgbu-goin-v-rajone-zaliva-sivash-2022-g>

546. <http://vniro.ru>

547. [http://vniro.ru/files/publish/bizikov\\_artemii.pdf](http://vniro.ru/files/publish/bizikov_artemii.pdf)

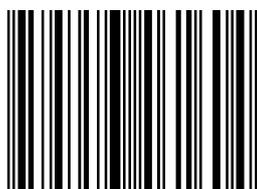
548. <http://weatherbase.com>

549. <http://ru.wikipedia>

Размещается в сети Internet на сайте ГАУ Северного Зауралья  
<https://www.gausz.ru/nauka/setevye-izdaniya/2024/litvinenko.pdf>,  
в научной электронной библиотеке eLIBRARY, РГБ, доступ свободный

Издательство электронного ресурса  
Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО «ГАУ Северного Зауралья».  
Заказ № 1211 от 18.04.2024; авторская редакция  
Почтовый адрес: 625003, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Республики, 7.  
Тел.: 8 (3452) 290-111, e-mail: rio2121@bk.ru

ISBN 978-5-98346-160-4



9 785983 461604 >