

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

УДК 595.32

К ВОПРОСУ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ АРТЕМИИ ВОДОЕМОВ РОССИИ ПО ЦИСТАМ

Л. И. Литвиненко^{1,2}, Е. Г. Бойко², К. В. Куцанов¹, А. Г. Герасимов¹, Л. Ф. Разова^{1,2},
М. А. Побединцева³, А. И. Литвиненко²

¹ФГБНУ «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства»,
625023, Россия, г. Тюмень

²ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»,
625003, Россия, г. Тюмень

³ФГБНУ Институт молекулярной и клеточной биологии Сибирского отделения
Российской академии наук (ИМКБ СО РАН),
630090, Россия, г. Новосибирск

*В работе представлены методы идентификации артемии по цистам из разных водоемов России. Исследования проведены на сибирских, американской и крымской популяциях. Собственные и литературные данные показывают, что вопрос идентификации цист еще далек от решения. В популяциях артемии России наблюдается значительная фенотипическая и генотипическая изменчивость рассмотренных признаков. Дифференцирующим признаком партеногенетических и бисексуальных популяций является половой состав выращенных из цист рачков. Виды артемии *A. salina*, *A. urmiana* и *A. sinica* идентифицируются при помощи молекулярно-генетических маркеров. Дифференцирующими признаками партеногенетических популяций могут служить следующие показатели: процент вылупления науплиусов, биометрия цист, эмбрионов и хориона, морфометрия половозрелых рачков и науплиусов, число цист и эмбрионов в 1 г сухого вещества, темп роста рачков, дифференциация цист по цвету, ДНК-анализ. В настоящий момент ни один из методов не дает четкой идентификации партеногенетических популяций по тому или иному признаку. Для разработки методики популяционной идентификации артемии по цистам необходимы комплексные, основанные на большом фактическом материале, включающем пробы цист с промысловых водоемов России за ряд лет и в период разных генераций, исследования морфологических, биометрических, кариологических, генетических, биохимических и других характеристик в совокупности с определением репродуктивных качеств.*

Ключевые слова: артемия; *Artemia parthenogenetica*; цисты; рачки; ДНК-анализ; популяция; идентификация; морфометрия

Введение

Идентификация популяций артемии по цистам не только имеет научный интерес, но и представляет собой насущную потребность для судебной практики. В последнее время

участились случаи изъятия партий цист, происхождение которых вызывает большое сомнение или неизвестно. Предпринимаются попытки дифференцировать популяции с использованием разных методов, в том числе биохимических (по содержанию полиненасыщенных жирных кислот, аминокислот, витаминов, тяжелых металлов и др.), генетических (ДНК-анализ), морфологических

© Л. И. Литвиненко, Е. Г. Бойко, К. В. Куцанов,
А. Г. Герасимов, Л. Ф. Разова, М. А. Побединцева,
А. И. Литвиненко

(биометрия цист, эмбрионов, хориона, морфометрия рачков) и биологических (половой состав, скорость роста рачков, плодовитость). Для практики нужны методы наиболее доказательные и простые, при этом наиболее дешевые.

Целью исследования было определить возможность идентификации цист по некоторым параметрам, а также выявить наиболее перспективные методы дифференциации цист для разных популяций артемии.

Краткая характеристика артемии

Жаброногий рачок артемия (*Artemia* Leach, 1819) обитает в гипергалинных водоемах всех континентов, за исключением Антарктиды в пределах географических

широт от 55° с. ш. до 55° ю. ш. В настоящее время в мире известно более 1000 биотопов с артемией [1], в том числе 120 — в России (30 — в Черноморско-Каспийском регионе и 90 — в Западно-Сибирском). Из 7 видов артемии, обитающих на планете, в России встречаются 3: в водоемах Крыма *Artemia salina* Linnaeus, 1758 и *Artemia urmiana* Günther, 1900; в Туве (оз. Сватиково) — *Artemia sinica* Yaneng, 1989. Абсолютное большинство популяций России относятся к партеногенетическим, обозначаемым как группа неопределенных видов *Artemia parthenogenetica* Barigozzi, 1974 (рис. 1). В 2017 г. была опубликована работа [2], в которой указывается на возможное существование новых видов артемии в водоемах Монголии.



Рисунок 1 — Виды артемии, обитающие в водоемах России:

- 1 — озера Кояшское [3], Терекли-Конрадское и Тобечикское [4];
- 2 — Штормовое [4; 5], Херсонесское [6], Сасык-Сиваш [5];
- 3 — Сватиково (Дус-Холь) [7];
- 4 — Крым: Поповское и Большое Отар-Мойнакское [8]; Алтайский край: Солёное [9; 10], Петухово [11], Малиновое [12], Танатар [10]; Хакассия: Тус [7];
- 5 — Крым [5; 6 и др.], Западная Сибирь [7; 9–12 и др.]

Взрослые особи артемии имеют вытянутую форму тела и достигают длины 10–15 мм (рис. 2). Артемия раздельнопола. Самцы отличаются наличием пары крючковатых хватателей, расположенных в области головы. Самки легко узнаются по яйцевому мешку.

Размножается живорождением и откладывает двумя типами яиц — с тонкой и толстой оболочками (цисты). Из первых выклев науплиусов происходит сразу после их вымета или через несколько суток, из вторых — после выхода из состояния диапаузы.

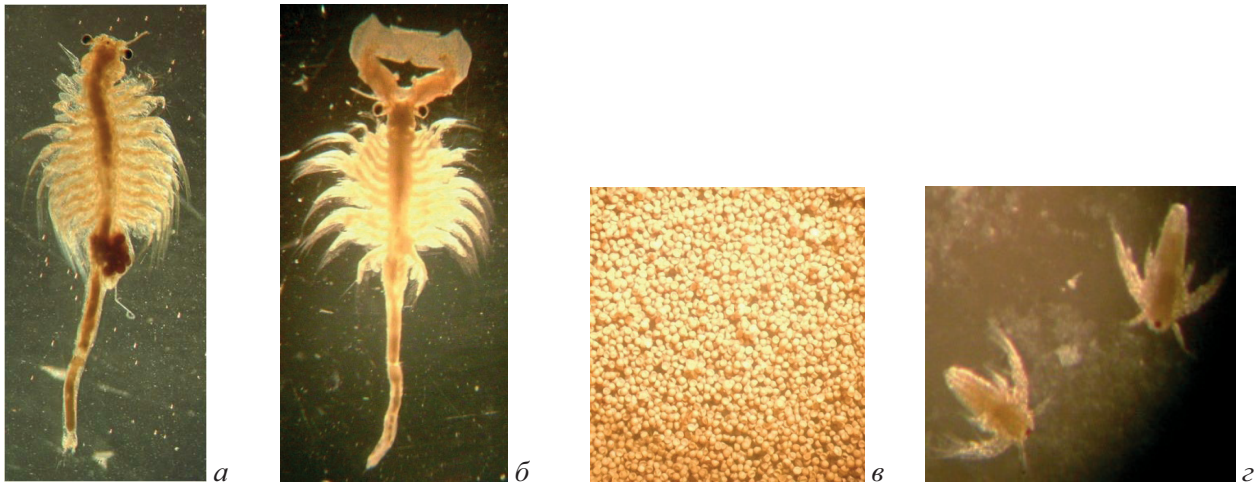


Рисунок 2 — Разные возрастные стадии артемии:
а — половозрелая самка, *б* — половозрелый самец, *в* — цисты (диапаузирующие яйца);
г — науплиусы

Материал и методика

Для определения места происхождения цист были исследованы следующие параметры: наличие примесей, процент вылупления, влажность; диаметр цист и эмбрионов, толщина хориона, морфометрия половозрелых рачков и науплиусов; число цист и эмбрионов в 1 г сухого вещества; темп роста рачков; дифференциация цист по цвету; анализ ДНК.

Объектами исследования послужили цисты артемии из крымской популяции залива Сиваш (2016 г.), сибирских популяций наиболее крупных промысловых озер: Большое Медвежье (Курганская область, 2014, 2016 гг.), Эбейты (Омская область, 2013, 2015, 2017 гг.), Большое Яровое (Алтайский край, 2014 г.), Кучукское (Алтайский край, 2017 г.) и американской популяции Большого Соленого озера (Great Salt Lake — далее GSL), расположенного в штате Юта, США (2015 г.), а также представленные для судебной биологической экспертизы образцы цист неизвестного происхождения, изъятые на территории Западной Сибири.

Инкубацию цист и культивирование рачков проводили в соответствии с Инструкцией по использованию артемии в аквакультуре [13] в однолитровых емкостях с аэрацией и кормлением. При достижении половозрелости, рачков просчитывали, определяли половую принадлежность, измеряли длину

тела (tl), длину абдомена (al), длину цефалоторакса (cl), ширину абдомена (aw), расстояние между глазами (de), диаметр глаз (ed), количество щетинок на фурке (sf), длину фурки (fl), длину первой антенны (la), ширину головы (hw) и вычисляли соотношение длин цефалоторакса и абдомена (с/а).

Среда для культивирования: NaCl (морская соль) — 93,3 г/л, NaCl (хч) — 18,3 г/л, MgSO₄ — 23,2 г/л, NaHCO₃ — 6 г/л, CaCl — 4,6 г/л, KCl — 2,9 г/л; для инкубации: NaCl — 23 г/л, NaHCO₃ — 2 г/л. Температура — около 25 °С. Кормление рачков — 1 раз в сутки рисовой мукой.

Определение примесей и процента вылупления проведено согласно Инструкции [13]. Влажность цист измеряли при помощи анализатора влажности ЭВЛАС-2М. При морфометрических исследованиях использовали микроскоп МБС-10. Цвет цист определяли по шкале оттенков коричневого (в палитре Пантон: <http://www.showprint.ru/pantone-tpx-tcx/>).

Биологический анализ включал сравнение размеров цист и рачков, искусственно выращенных из цист до взрослой стадии. Цисты сравниваемых водоемов были отобраны в период с 2013 по 2017 г. и хранятся в банке цист отдела промысловых беспозвоночных ФГБНУ «Госрыбцентр» (рис. 3). Кривая роста строилась по длине рачков, измеряемой каждые сутки после вылупления науплиусов.



Рисунок 3 — Коллекция цист отдела промысловых беспозвоночных ФГБНУ «Госрыбцентр»

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'-ATATCAATTCTAGAATTCTGA AAGGAC-3' на фрагмент субъединицы цитохромоксидазы I с митохондриальной ДНК (мтДНК) длиной 1100 пар нуклеотидов (пн) [14]. 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 [14; 15].

Статистическая обработка данных была проведена с использованием программ Excel 2007 и Statistica. Достоверность различий определяли по критерию Стьюдента при $p < 0,05$. Использованы следующие обозначения: M — средняя, m — ошибка средней, CO — стандартное отклонение, CV — коэффициент вариации, n — выборка.

Было проведено два эксперимента:

— в первом нужно было доказать или опровергнуть принадлежность неизвестных цист к популяции залива Сиваш;

— во втором нужно было доказать или опровергнуть принадлежность неизвестных цист к популяциям известных водоемов.

Результаты исследований

Эксперимент № 1

Для выяснения принадлежности неизвестных цист к популяции залива Сиваш при помощи ДНК-анализа были взяты 25 проб: 1–16 — образцы неизвестного происхождения, 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.).

Результаты анализа мтДНК цист из проб представлены на рис. 4. Оказалось, что только образец 20, относящийся к американскому виду *A. franciscana* (номер Genbank X69067 [16]), 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 [14], и к собранному в Казахстане гаплотипу DQ426825 *Artemia* sp. Kazakhstan Pilla, Beardmore, 1994 [17]. Неизвестные образцы 4, 9–16 относятся (или очень близки) к виду *A. sinica* (гаплотипы BRK7 (5n), BRK3 (5n), BRK2 (5n) из [15]). Среди группы образцов *A. sinica* обнаружено самое большое генетическое разнообразие (см. рис. 5), что, согласно литературным данным [18], свойственно партеногенетическим популяциям.

Таким образом, генетический анализ ДНК показал, что только *A. franciscana* достаточно надежно идентифицируется указанными ме-

тодами, 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*, *Artemia tibetiana* Abatzopoulos, Zhang, Sorgeloos, 1998 и *A. sp.* [7; 15; 19–21],

а также между тетра- и пентаплоидными партеногенетическими популяциями и бисексуальным видом *A. sinica* [7; 15; 19]. Близость партеногенетических популяций к видам *A. urmiana*, *A. sp. Kazakhstan* и *A. tibetiana* подтверждается общими митохондриальными гаплотипами ДНК и, согласно некоторым авторам [14; 18; 21], возможно, связана с их происхождением от этих видов.

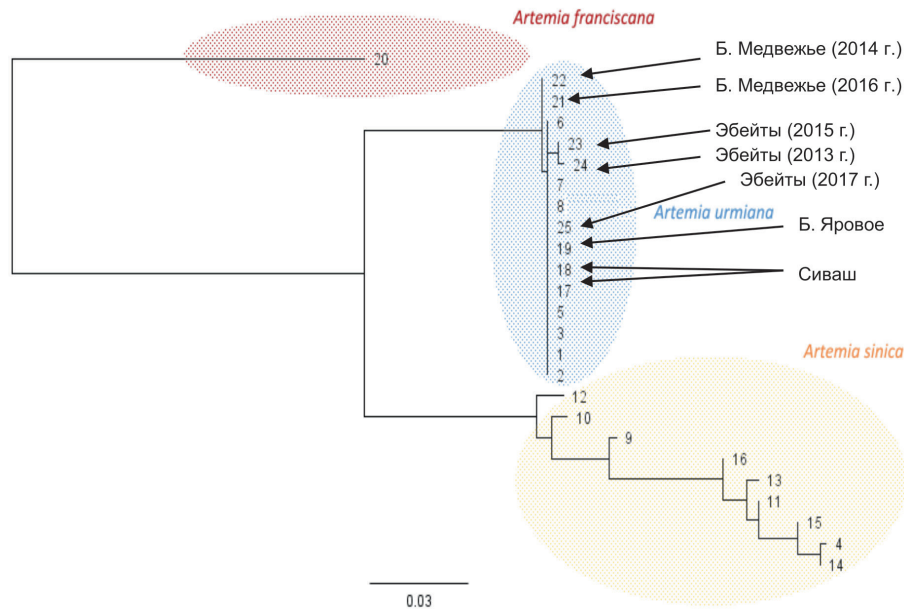


Рисунок 4 — Древо максимального правдоподобия, построенное на 600 пн субъединицы I цитохромоксидазы I мтДНК из полученных образцов

Для дальнейшего анализа были использованы цисты из залива Сиваш, образцы неизвестного происхождения (1, 7, 9, 15), обозначенные далее как образцы 1, 2, 3, 4, а также цисты известных сибирских партеногенетических популяций (Б. Яровое, 2014; Медвежье, 2014; Эбейты, 2015) и бисексуальной популяции GSL. Анализ качества цист в четырех образцах с неизвестным происхождением показал, что цисты хорошо промыты в рапе: количество примесей от 10,7 до 14,6 %. Примеси представлены скорлупой цист. Чистое сырье (цисты артемии) составляет 85,4–89,3 %, процент выклева — 46,6–65,5 %. Влажность сырья составляет 24,4–27,4 %. Все эти показатели соответствуют промытому и дегидратированному в рассоле сырью. Отсутствие примесей, характеризующих флору и фауну водоема (фитопланктон,

остатки зоопланктона), не позволило использовать этот показатель для дифференциации популяций.

Анализ цветовой дифференциации сухих цист по шкале Пантон показал различия в окраске: цисты из залива Сиваш имели цвет таксы (18-1033 ТСХ), все остальные пробы мало различались и имели цвет горноста (18-1022 ТСХ).

Биометрический анализ показал, что средние диаметры цист четырех образцов находятся в пределах 253,9–263,8 мкм, сибирских популяций — 250,6–254,3 мкм, залива Сиваш составляют 247 мкм, американской популяции — 249,0 мкм (см. табл. 1). Из чего следует, что популяция артемии Крыма имеет наименьшие размеры. Цисты из оз. Б. Яровое имеют размеры близкие к размерам GSL. Коэффициент вариации не превышает 9,9 % при выборке более

100 промеров в каждой популяции, что свидетельствует об однородности признака в пробе.

Представленные образцы статистически достоверно отличались от цист из залива

Сиваш (табл. 2). Важный показатель: цисты некоторых образцов также достоверно отличались друг от друга, что характеризует неоднородность проб.

Таблица 1 — Диаметр цист разных популяций и образцов, мкм

Название пробы, год промысла	<i>M</i>	min	max	CO	<i>CV</i>	<i>n</i>	<i>m</i>
Образец 1	257,1	249	276	8,9	3,5	109	0,9
Образец 2	263,8	248	275	12,7	4,8	112	1,2
Образец 3	257,5	251	274	11,9	4,6	106	1,2
Образец 4	253,9	250	299	10,4	4,1	114	1,0
Сиваш, 2016	247,0	201	299	24,0	9,9	108	2,3
Б. Яровое, 2014	248,9	224	280	13,79	5,5	104	1,4
Медвежье, 2014	254,3	251	300	10,7	3,9	122	0,9
Эбейты, 2015	250,6	224	294	13,29	5,3	102	1,3
GSL, 2015	249,0	225	275	6,0	2,4	103	0,6

Таблица 2 — Статистическая достоверность различий диаметра цист по *t*-критерию Стьюдента

Название пробы	Медвежье	Б. Яровое	GSL	Эбейты	Сиваш	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Медвежье	0,00	6,22	5,10	2,65	2,93	-1,63	-6,01	-1,84	0,51
Б. Яровое		0,00	2,04	6,26	3,54	-0,98	1,75	-1,02	4,05
GSL			0,00	-4,04	0,74	-6,68	-10,07	-6,68	-4,52
Эбейты				0,00	3,58	-0,80	1,09	0,93	-4,98
Сиваш					0,00	-3,90	-5,83	-3,65	-2,81
Образец 1						0,00	-3,83	-0,15	1,92
Образец 2							0,00	3,36	6,40
Образец 3								0,00	2,93
Образец 4									0,00

Примечание. Жирным шрифтом отмечены достоверные различия при $p < 0,05$.

Сравнение размеров рачков, выращенных до половозрелости из цист неизвестных образцов, с популяцией Сиваш и Медвежье

показало отсутствие каких-либо значимых различий (рис. 5), за исключением больших показателей длины тела и цефалоторакса

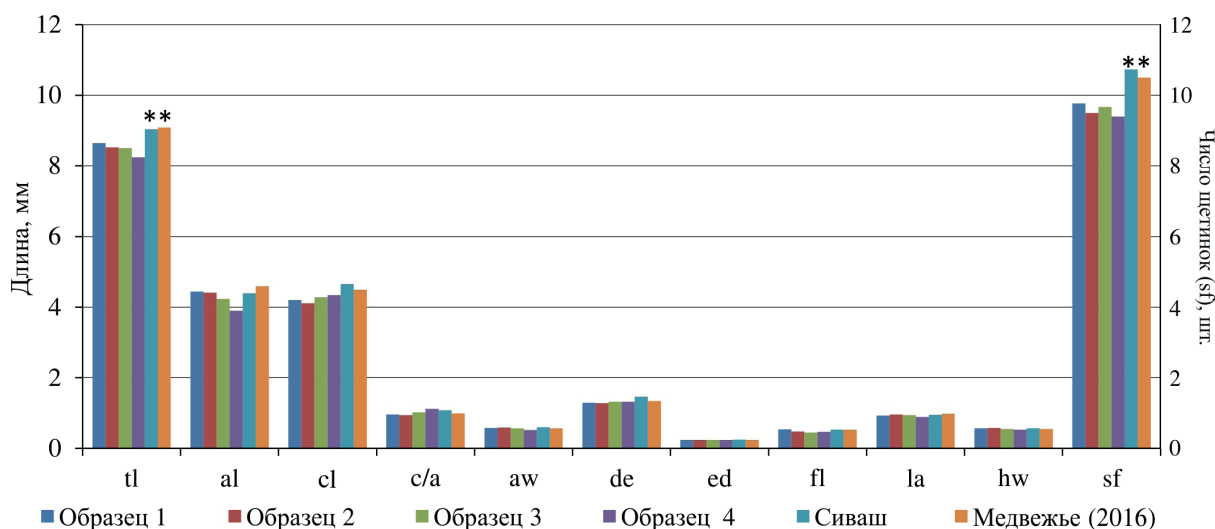


Рисунок 5 — Средние морфометрические показатели половозрелых самок исследованных популяций (* различия достоверны с образцами)

и количества щетинок у рачков популяций Сиваш и Медвежье, при этом различия с образцами оказались в большинстве случаев недостоверными, вероятно, из-за небольшой выборки и большой вариации признаков.

Сравнение полового состава (соотношение самок и самцов) выращенных до половозрелости рачков из цист образцов, популяции Сиваш и сибирских популяций показало достоверное различие между популяцией Сиваш и образцами и недостоверное разли-

чие между образцами и сибирскими популяциями (табл. 3). Как показал эксперимент, представленные образцы, а также сибирские популяции, относятся к группе видов *A. parthenogenetica*, в то время как популяция Сиваш (Крым) является бисексуальной.

Таким образом, анализ полового состава, диаметра цист и их окраски свидетельствует о том, что неизвестные образцы 1–4 не принадлежат к популяции артемии залива Сиваш.

Таблица 3 — Половой состав рачков, выращенных из цист образцов 1–4, залива Сиваш и озер Западной Сибири

Название пробы, год промысла	Количество самцов	Количество самок	Процент самцов	Характеристика популяции
Образец 1	0	768	0	Партеногенетическая
Образец 2	0	483	0	Партеногенетическая
Образец 3	0	12	0	Партеногенетическая
Образец 4	0	25	0	Партеногенетическая
Сиваш	36	91	28	Бисексуальная
Б. Яровое, 2014	1	94	1	Партеногенетическая
Медвежье, 2016	0	18	0	Партеногенетическая

Эксперимент № 2

В опыте были исследованы три неизвестных образца цист (1–3), цисты оз. Б. Яровое (2014 г.) и оз. Кучукское (Кучук). Помимо показателей, исследованных в первом эксперименте, были проанализированы диаметр декапсулированных цист (эмбрионов), размеры науплиусов (рис. 6, 7), толщина хориона (рис. 8), количество эмбрионов и цист в 1 г сухого вещества (рис. 9), темп роста рачков (рис. 10) и проведена дифференциация цист по цвету.

Средние значения длины науплиусов в исследованных пробах находились в пределах 464–473 мкм, диаметра цист — 259–263 мкм, диаметра эмбрионов — 241–249 мкм. Различия показателей между собой были недостоверны, за исключением по цистам: между образцами 1 и 3, по эмбрионам: между образцом 1 и Б. Яровое и Кучук, между образцом 2 и Б. Яровое, между образцом 3 и Б. Яровое и Кучук.

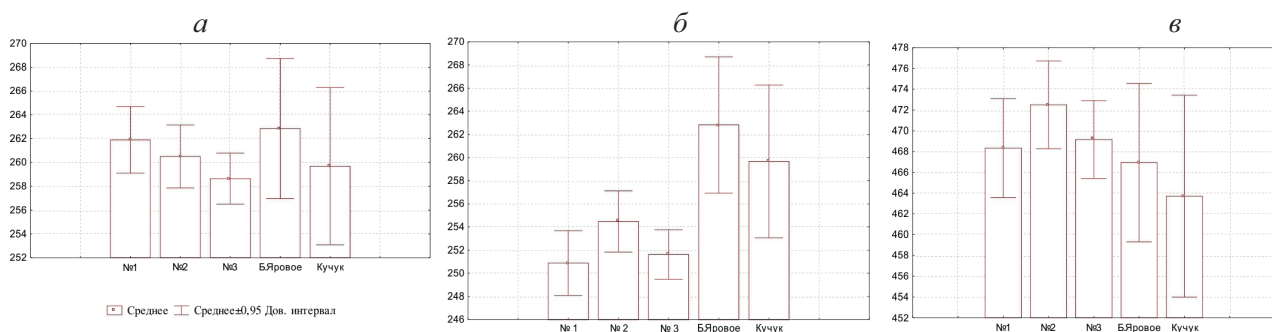


Рисунок 6 — Средние по пробам значения диаметра (а) и эмбриона (б) цист и длины науплиусов (в), мкм

Анализ распределения частот встречаемости значений диаметра цист в разных пробах (см. рис. 7) показал некоторое сходство между пробой 2 и Кучук и между пробой 1 и Б. Яровое. Распределение в пробе 3 отличается от всех других проб.

Средние показатели толщины хориона были максимальными в образце 1 (10,7 мкм), минимальные — в образце 2 (5,9 мкм), в остальных пробах были в пределах 6,9–7,0 мкм. Только образец 1 достоверно отличался от всех остальных проб (см. рис. 8).

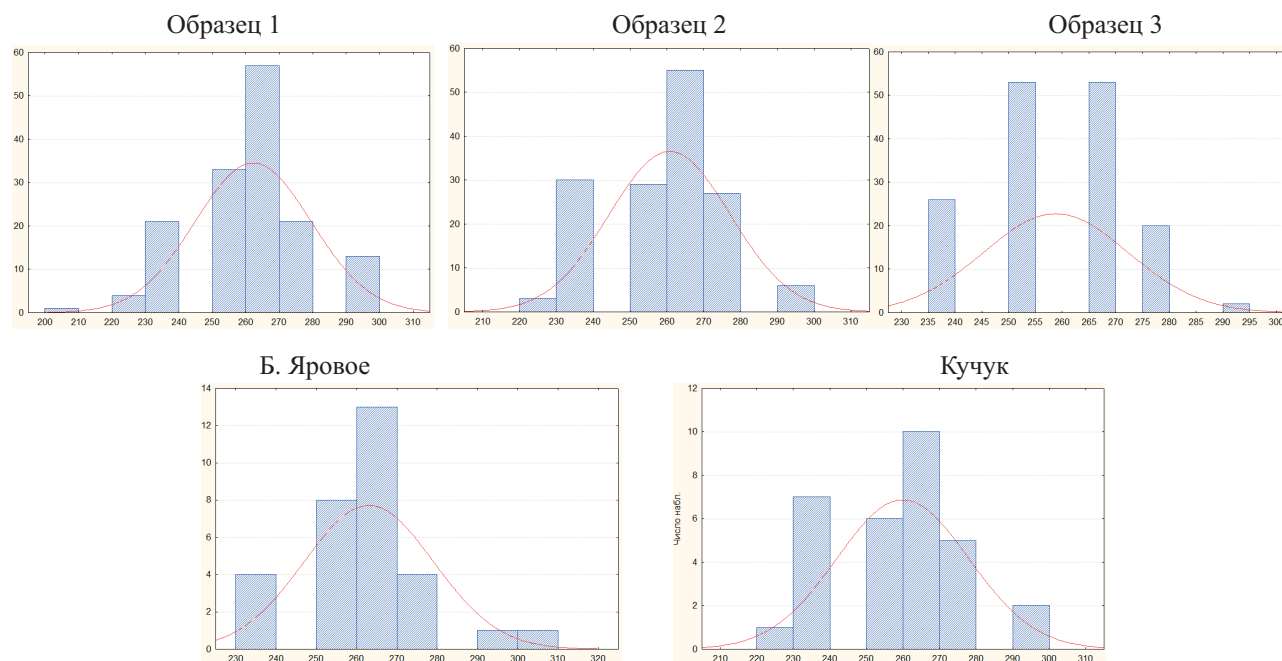


Рисунок 7 — Распределение частот встречаемости значений диаметра цист в исследованных пробах, мкм

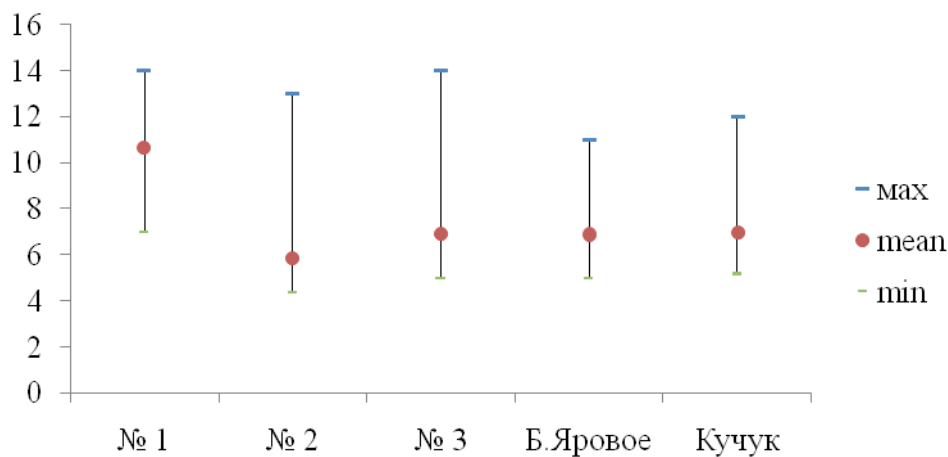


Рисунок 8 — Толщина хориона цист, мкм

Анализ цветовой дифференциации цист показал более насыщенный цвет у цист из пробы 3 (по шкале Пантон: цвет сепии 18-0928 ТСХ), остальные пробы слабо различались (по шкале Пантон: цвет выдровый 18-1018 ТСХ).

Количество эмбрионов и цист в 1 г сухого вещества минимальным было в образце 1

и составляло 115 и 118 тыс. экз./г соответственно; максимальным — в образце 3 (165 и 167 тыс. экз./г), в остальных пробах эти показатели находились в пределах 135–143 и 139–149 тыс. экз./г. Достоверные различия отмечены только между пробой 1 и пробами 3, Б. Яровое и Кучук (см. рис. 9).

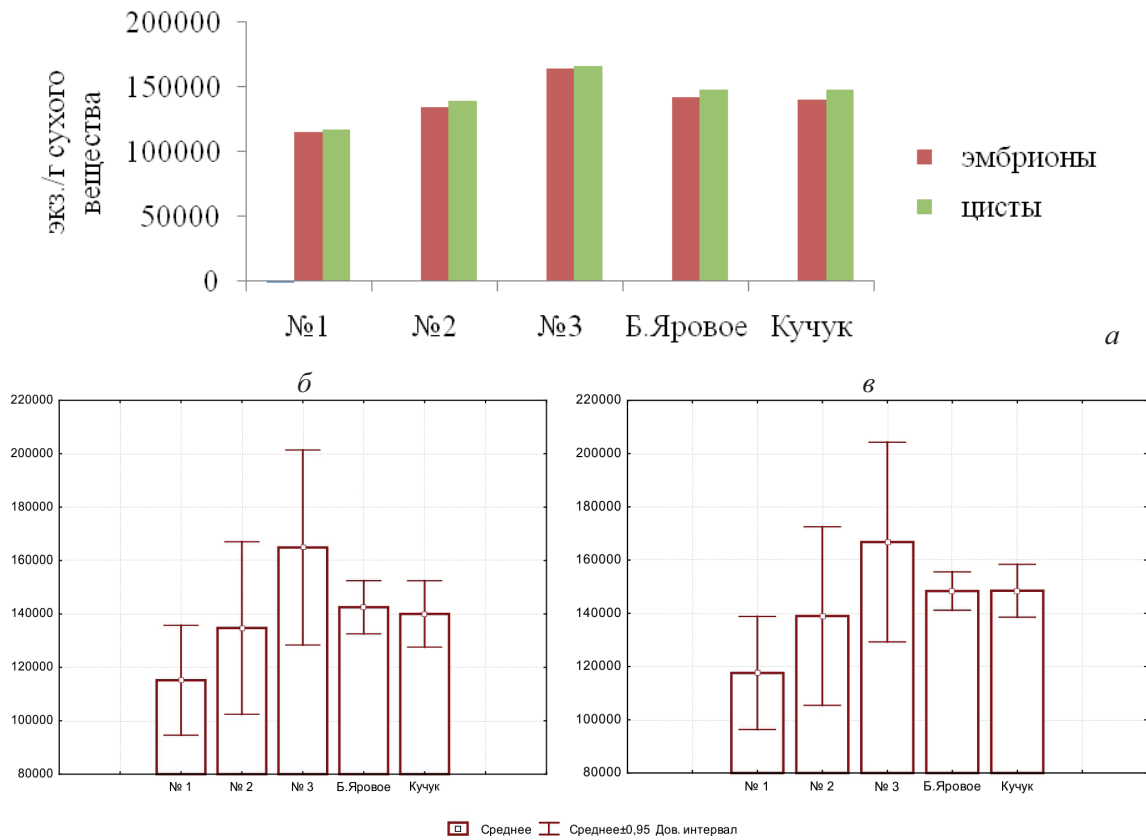


Рисунок 9 — Количество эмбрионов и цист в 1 г сухого вещества (а), среднестатистические показатели для эмбрионов (б) и для цист (в), экз./г

Кривая роста рачков (см. рис. 10) показывает, что наибольший темп роста наблюдался у рачков из оз. Кучук, что, возможно, связано с тем, что в эксперименте выращивание рачков именно из этого озера проходило при более разреженной плотности. На рисунке приведены опубликованные данные [22] по выращиванию рачков из про-

бы цист оз. Б. Яровое (2014 г.) за 11 сут. Сравнение показателей, в том числе за 11 сут, свидетельствует о том, что темп роста рачков в пробах 2 и 3 близок к темпу роста рачков из оз. Б. Яровое. Рачки из пробы 1 занимают промежуточное положение между пробой оз. Кучук и остальными анализируемыми пробами.

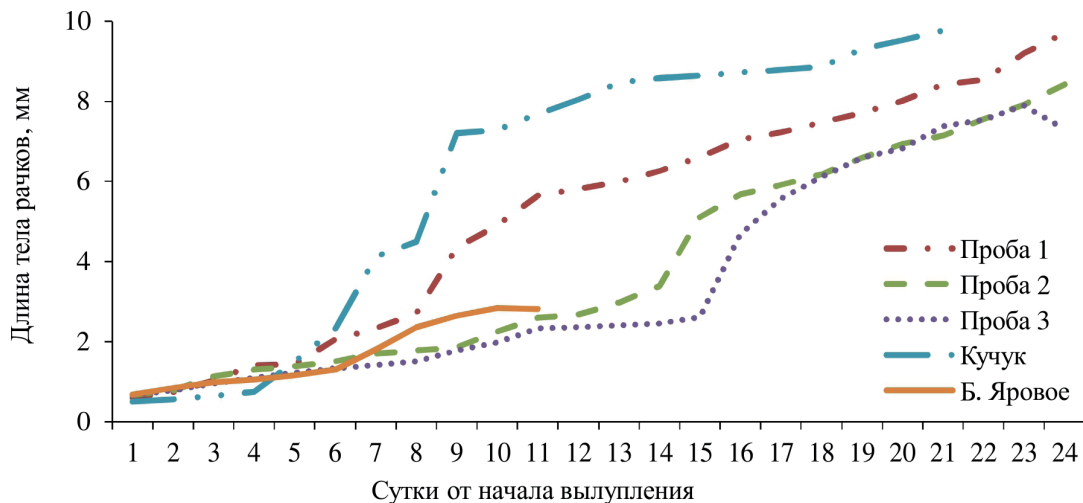


Рисунок 10 — Темп роста рачков

Таким образом, идентичность проб 1, 2 и 3 пробам из оз. Кучук или оз. Б. Яровое не установлена. По частоте распределения диаметра цист было обнаружено некоторое сходство пробы 1 и Б. Яровое, но другие показатели (толщина хориона, диаметр эмбрионов, количество цист и эмбрионов в грамме вещества) сравниваемых проб различались. Сходство частоты распределения диаметра цист пробы 2 и Кучук также не подтвердилось разным темпом роста рачков, однако этот показатель, как уже было сказано, следует проверить при одинаковой плотности выращивания рачков. Проба 3 отличалась от проб из озер Б. Яровое и Кучук по частоте распределения диаметра цист, цветом, большим количеством цист и эмбрионов в грамме вещества и темпом роста.

Обсуждение результатов

Проведенные нами исследования популяционной идентификации цист артемии показали, что на данный момент надежно дифференцируются бисексуальные и партеногенетические популяции путем культивирования рачков из цист до стадии появления половых признаков у рачков. Даже генетические методы не дают четкого разделения партеногенетических популяций от бисексуальных видов *A. urmiana*, *A. tibetiana*, *A. sp.*, *A. sinica* [7; 15; 19–21; 23]. Что, вероятно, связано с их происхождением. Так, на основе аллозимных исследований артемии была выдвинута версия происхождения *A. urmiana* из *A. salina*, а *A. parthenogenetica* из *A. urmiana* [24].

Бисексуальные популяции артемии, обитающие на территории России и относящиеся к видам *A. salina*, *A. urmiana* и *A. sinica*, надежно идентифицируются генетическими анализами ДНК [14; 16; 17; 20; 23; 25; 26 и др.].

Использование анализа ДНК для идентификации цист партеногенетических популяций на данный момент проблематично из-за большого генетического разнообразия (гетерогенности), присущего этим популяциям [23; 26 и др.].

Популяционная дифференциация партеногенетических популяций при использовании морфометрии искусственно выращенных рачков имеет некоторые перспективы, учиты-

вая наши предыдущие данные (табл. 4), где достоверность различий была существенна: 45 % от всех анализируемых пар (табл. 5). Для анализа были выбраны цисты из популяций с наиболее контрастными природными условиями: удаленность друг от друга, соленость от 95 до 264 г/л (см. табл. 4) и др. Известно [10; 27–33 и др.], что соленость значительно влияет на морфометрию рачков. Для снижения этого фактора культивирование проводилось при одинаковой солености 50 г/л (NaCl — 31,08, MgSO₄ — 7,74, MgCl₂ — 6,09, CaCl₂ — 1,53, KCl — 0,97, NaHCO₃ — 2,00 г/л). Оказалось, что по дифференцирующим свойствам морфометрические параметры располагаются в такой последовательности: на первом месте — *de*, *hw* и *al/tl*, на втором — *tl*, *aw*, *sf* и *la*, на третьем — *al* и *ad*, на четвертом — *fl*. Поскольку показатели *al*, *ad* и *fl* слабо различаются в разных популяциях, рекомендуем их не использовать в этих целях.

В целом анализ по морфометрии искусственно выращенных рачков характеризуется значительной трудоемкостью и требует большого количества данных по выращенным рачкам из цист, собранных в популяциях промысловых водоемов в разные годы и сезоны.

Морфометрические показатели (средний диаметр цист и эмбрионов, толщина хориона), а также размеры науплиусов 1 стадии могут служить в качестве дифференцирующих признаков для видов артемии. Так, известно, что некоторые виды достаточно хорошо обособлены от других видов. Наиболее крупные размеры цист (до 330 мкм) и науплиусов (до 667 мкм) отмечены для *A. tibetiana* [36]. Самые мелкие размеры цист (в среднем 220–250 мкм) встречаются у трех видов: *A. salina*, *A. persimilis* и *A. franciscana*. Несколько больше размеры цист (около 255 мкм) у вида *A. sinica*. Два других таксона: *A. urmiana* и *A. parthenogenetica* имеют размеры цист в основном от 250 до 290 мкм. Все эти отличия касаются также науплиусов, поскольку между размерами цист и науплиусов существует тесная прямая связь [37]. В работе P. Vanhaecke и P. Sorgeloos [37] показано варьирование диаметра цист и эмбрионов, а также толщины хориона в популя-

циях разных видов, кроме того, в отдельных популяциях в разные годы наблюдалась как стабильность этих показателей, так и их варьирование. По мнению этих ученых, пере-

численные выше характеристики определяют вид и, за исключением небольших различий, эти признаки являются неизменными при новых окружающих условиях.

Таблица 4 — Морфометрические параметры искусственно выращенной артемии (средняя и ошибка средней) [по 7; 19; 34]

Признак	Обозначение	Актобан	Кулундинское	Медвежье	Эбейты
Расстояние от оз. Актобан	км	0	900	103	350
Соленость в естественной среде	г/л	95	104	193	264
Состав воды в озерах по О. А. Алекину и др. [35]		Cl ^{Na} _{II}	Cl ^{Na} _{II}	Cl ^{Na} _{III}	Cl ^{Na} _{III}
Соленость при культивировании	г/л	50	50	50	50
Количество измерений	<i>n</i>	50	50	50	50
Длина тела	tl, мм	7,44 ± 0,22	8,16 ± 0,12	8,33 ± 0,12	7,66 ± 0,13
Длина абдомена	al, мм	3,77 ± 0,11	4,34 ± 0,08	3,97 ± 0,11	3,87 ± 0,09
Ширина абдомена	aw, мм	0,51 ± 0,02	0,50 ± 0,01	0,60 ± 0,01	0,53 ± 0,01
Расстояние между глазами	de, мм	1,26 ± 0,04	1,29 ± 0,02	1,44 ± 0,02	1,15 ± 0,02
Диаметр глаз	ed, мм	0,22 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,20 ± 0,01
Число щетинок на правой фурке	sf, шт.	10,10 ± 1,27	7,36 ± 0,34	13,36 ± 0,24	7,92 ± 0,24
Длина фурки	fl, мм	0,41 ± 0,06	0,30 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,29 ± 0,01
Длина первой антенны	la, мм	0,81 ± 0,03	0,86 ± 0,02	0,93 ± 0,01	0,77 ± 0,01
Ширина головы	hw, мм	0,52 ± 0,01	0,57 ± 0,01	0,61 ± 0,01	0,60 ± 0,01
Отношение длины абдомена к длине тела	al/tl, %	50,28 ± 0,77	53,10 ± 0,49	47,6 ± 1,08	50,28 ± 0,46

Таблица 5 — Оценка достоверности различий по значению *t*-критерия Стьюдента

Морфометрический параметр	Название озера	Актобан	Кулундинское	Эбейты	Доля достоверных различий, %
tl	Медвежье	3,55	1,00	3,79	67
	Актобан		2,87	0,86	
	Кулундинское			2,83	
al	Медвежье	1,28	2,72	0,70	33
	Актобан		4,18	0,69	
	Кулундинское			3,90	
aw	Медвежье	4,02	7,07	4,95	67
	Актобан		0,45	0,89	
	Кулундинское			2,12	
de	Медвежье	4,02	5,30	10,25	83
	Актобан		0,67	2,45	
	Кулундинское			4,95	
ed	Медвежье	0,71	2,12	2,12	33
	Актобан		1,41	1,41	
	Кулундинское			0	
sf	Медвежье	2,52	14,42	16,02	67
	Актобан		2,08	1,69	
	Кулундинское			1,35	
fl	Медвежье	1,81	0	0,71	0
	Актобан		1,81	1,97	
	Кулундинское			0,71	

Окончание табл. 5

Морфометрический параметр	Название озера	Актобан	Кулундинское	Эбейты	Доля достоверных различий, %
la	Медвежье	3,79	3,13	11,31	67
	Актобан		1,39	1,26	
	Кулундинское			4,02	
hw	Медвежье	6,36	2,83	0,71	83
	Актобан		3,53	5,66	
	Кулундинское			2,12	
al/tl, %	Медвежье	2,02	4,64	2,28	83
	Актобан		3,09	0	
	Кулундинское			4,20	

Примечание. Жирным шрифтом обозначены достоверные различия при $p < 0,05$.

В отношении бисексуальных видов (*A. sinica*, *A. urmiana*) и партеногенетических популяций (*A. parthenogenetica*) артемий, обитающих в России, имеются трудности в дифференциации по размерам, поскольку нет четких разделений. Размерный ряд средне-популяционных показателей диаметра цист укладывается в градацию от 240 до 280 мкм (абсолютные — от 220 до 290 мкм) [7; 19; 29; 38–40]. В некоторых работах [41] указываются очень малые средние по пробе диаметры цист для озер Эбейты, Кулундинское и Б. Яровое (195–215 мкм), что весьма сомнительно, учитывая собственные данные и данные, опубликованные в литературе. Возможно, авторы использовали для анализа

тонкоскорлуповые (летние) яйца. Так, в работе Г. В. Пермяковой [42] для оз. Б. Яровое в среднем за три года исследований приведены значения диаметра цист равные 257 ± 22 мкм и летних яиц — 228 ± 21 мкм. В публикации Д. А. Старовойтовой и О. С. Бурмистровой [38] по Кулундинскому приводятся данные за ряд лет от 233 до 245 мкм, по Б. Яровому — от 235 до 249 мкм, по Малому Яровому — от 238 до 256 мкм. В работе Р. А. Клепикова [40] в оз. Б. Яровое приведены средние значения диаметра цист, равные 250 ± 10 мкм, в оз. Кулундинское диаметр цист в регрессивную фазу равен 240 мкм, в трансгрессивную фазу — 230 мкм. Наши данные по оз. Эбейты приведены в табл. 6.

Таблица 6 — Средние значения диаметра цист 25 популяций за 9 лет исследований (1995–2004 гг.)

Озеро	Обозначения озер	Диаметр цист, мкм		CD	Достоверные различия с озерами
		$M \pm m$	min-max		
Б. Медвежье	1	253 ± 2	250–260	0,005	4, 5, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 22
М. Медвежье	2	253 ± 2	250–260	0,005	4, 5, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 22
Невидим	3	261 ± 4	240–270	0,011	4, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 22
Сульфатное	4	245 ± 5	230–260	0,014	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 17, 20, 23
Ново-Георгиевское	5	266 ± 2	260–270	0,005	1, 2, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 23
Чердынское	6	258 ± 2	250–260	0,005	4, 5, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 22
Требушинное	7	253 ± 3	240–260	0,008	5, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18
Собачье	8	265 ± 2	260–270	0,007	1, 2, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 23
Б. Курейное	9	255 ± 2	250–260	0,005	5, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18
Гашково	10	244 ± 3	230–250	0,009	1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 17, 20, 23
Вишняковское	11	256 ± 2	250–260	0,005	4, 5, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 22
Актобан	12	278 ± 6	250–290	0,019	1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 23

Окончание табл. 6

Озеро	Обозначения озер	Диаметр цист, мкм		CD	Достоверные различия с озерами
		$M \pm m$	min-max		
Филатово	13	255 ± 4	240–270	0,013	4, 5, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 22
Сетово	14	243 ± 3	230–250	0,010	1, 2, 3, 6, 7, 9, 11, 13, 17, 20, 23
Борки	15	245 ± 2	240–250	0,007	1, 2, 3, 6, 7, 9, 11, 13, 17, 20, 23
Умрешеве	16	240 ± 5	230–250	0,014	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 17, 20, 23
Воскресенское	17	253 ± 2	250–260	0,006	1, 2, 9, 10, 11, 14, 15, 18, 22
Лаврушено	18	245 ± 2	240–250	0,007	1, 2, 3, 6, 7, 13, 17, 20, 23
Таузаткуль	19*	250	250		—
Соленый Кулат	20	254 ± 2	250–260	0,005	9, 10, 14, 15, 16, 18, 22
Окуневское	21*	240	240		—
Ульжай	22	245 ± 3	230–250	0,008	1, 2, 3, 6, 8, 11, 12, 13, 17, 20
Эбейты	23	253 ± 2	250–260	0,005	4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 22
Тус	24*	260	260		—
Сватиково	25*	240	240		—

* Данные только за один год были исключены из анализа; серым выделены пробы цист по размерам близкие (различия недостоверны) к цистам основных промысловых водоемов.

Более крупные размеры для популяций *A. parthenogenetica* в водоемах Большое Яшалтинское и Джама (Калмыкия) приводятся в работе В. И. Ивановой [43] — в среднем 300 ± 30 мкм (абсолютные значения — от 225 до 370 мкм) и для водоемов Северного Казахстана — в работах А. В. Убаськина и Л. А. Вольф [44; 45] 279–307 мкм с толщиной хориона от 4 до 8 мкм (абсолютные значения — от 220 до 320 мкм). Для донных отложений водоемов Крыма [39] приведены две размерные группы цист, относящихся к *A. parthenogenetica*: 243 мкм — для диплоидных рас и 279 мкм — полиплоидных. Все это свидетельствует о генетической неоднородности партеногенетических рас.

О возможности использования для популяционной идентификации размеров цист свидетельствует достоверное отличие цист залива Сиваш от других образцов в первом эксперименте и достоверное отличие образца 1 от других проб. Однако в литературе и в наших предыдущих исследованиях имеется множество свидетельств того, что эти признаки значительно колеблются в одной популяции в разные годы [7; 38; 41]. Так, Д. А. Старовойтова и О. С. Бурмистрова [38] в своей работе показали значительное варьирование среднего диаметра цист в раз-

ные годы в озерах М. Яровое, Б. Яровое и Кулундинское. Ими были установлены достоверные различия размеров цист в разные годы в одном водоеме в большинстве случаев. В частоте распределения диаметра цист в изученных популяциях в разные годы также не было отмечено стабильности. Тем не менее отмечены более мелкие цисты в оз. Кулундинское ($237 \pm 0,6$ мкм), более крупные в оз. Б. Яровое ($243 \pm 0,5$ мкм) и промежуточные в оз. М. Яровое ($241 \pm 0,9$ мкм). Авторы объясняют морфологические различия географической изоляцией, влиянием солёности, межгодовой динамикой погодных условий.

Анализ собственных данных (см. табл. 6) показал, что абсолютные показатели диаметра цист в изученных популяциях находятся в пределах от 230–260 до 250–290 мкм, в среднем по популяциям от 240 до 278 мкм. В 11 популяциях (в табл. 6 отмечено серым), в том числе и в основных промысловых озерах (Большое и Малое Медвежье и Эбейты), достоверность различия диаметра цист не установлена, т. е. более 50 % популяций не идентифицируются по размерам цист. Причем 33 % популяций имеют более мелкие цисты (240–245 мкм), 14 % — более крупные цисты (265–278 мкм).

Оценка качества цист по проценту вылупления очень условна, поскольку зависит от технологии сбора цист и от сезона. Однако есть некоторые особенности, которые могут быть учтены при идентификации. Это, как правило, низкий процент вылупления цист текущего сезона, что позволяет оценить год промысла. Некоторая дифференциация наблюдается в отдельных ультрагалинных водоемах с цистами, которые трудно поддаются активации (например, оз. Медвежье). Как правило, в этих цистах редко достигается 80 % выклева.

Согласно литературным данным [46], при выращивании рачков из цист разных популяций в системах культивирования при стандартных условиях доказано наличие достоверных различий в темпе роста и выживаемости рачков разных видов и популяций, что позволяет использовать этот признак не только для выделения наиболее перспективной расы для аквакультуры, но и для идентификации популяционной принадлежности. Опыты, проведенные нами, показали, что этот признак имеет перспективы только при соблюдении стандартных условий, в том числе единой плотности посадки. Однако надо учесть факт изменения показателей выживаемости и скорости роста популяции *A. franciscana* из Калифорнии (США), интродуцированной в водоемы Индии, Бразилии, Филиппин, Тайланда, Макао [47].

Окраска цист варьирует от светлой до темно-коричневой и зависит от содержания гематина в оболочках цист. Содержание последнего находится в тесной корреляции с содержанием гемоглобина в рачках [48]. Из этого следует, что экологические условия в водоеме, а именно высокое содержание Fe в потребленной пище и низкая концентрация растворенного в воде кислорода, способствуют образованию темноокрашенных цист. Согласно литературным данным [46], по причине значительного влияния окружающей обстановки, окраска цист не может являться характеристикой популяции.

Учитывая, что в мелководных водоемах (с неустойчивым температурным режимом) содержание кислорода может значительно

меняться в разные годы и сезоны, этот признак может быть только второстепенным.

В отечественной литературе [49] был предложен способ популяционной идентификации артемии сибирского региона по уровню пloidности и морфологии поверхности хориона. Авторы установили, что с повышением солености воды увеличивается частота полиплоидных клеток у рачков. В оз. Б. Яровое ими отмечен клон с набором хромосом $x = 18$. Также было выявлено три типа поверхности оболочки цист. Таким образом, эти два признака вполне могут быть дифференцирующими при наличии базы данных по водоемам.

Согласно литературным данным [50–52], содержание высоконасыщенных жирных кислот и витамина С в цистах колеблется не только между разными популяциями, но и в одной популяции в разные сезоны промысла. Между тем многие ученые используют показатели белка, углеводов, жиров, золы для сравнения качества цист из разных популяций [53–55]. Поэтому использование биохимических показателей для идентификации цист остается под вопросом.

Калорийность цист тоже может быть индикаторным признаком, если учесть, что, согласно литературным данным [46], в сульфатных водоемах продуцируются цисты с низким содержанием калорий.

Заключение

Собственные и литературные данные показывают, что вопрос идентификации цист еще далек от решения. В популяциях артемии России наблюдается значительная фенотипическая и генотипическая изменчивость рассмотренных признаков. Дифференцирующим признаком партеногенетических и бисексуальных популяций является половой состав выращенных из цист рачков. Виды артемии *A. salina*, *A. urmiana* и *A. sinica* идентифицируются при помощи анализа ДНК. Дифференцирующими признаками партеногенетических популяций могут служить следующие показатели: процент вылупления науплиусов, биометрия цист, эмбрионов и хориона, морфометрия

половозрелых рачков и науплиусов, число цист и эмбрионов в 1 г сухого вещества, темп роста рачков, дифференциация цист по цвету, анализ ДНК. В настоящий момент ни один из методов не дает четкой идентификации партеногенетических популяций по тому или иному признаку. Для разработки методики популяционной идентификации артемии по цистам необходимы комплексные, основанные на большом фактическом материале, включающем пробы цист с промысловых водоемов России за ряд лет и в период разных генераций, исследования морфологических, биометрических, кариологических, генетических, биохимических и других характеристик в совокупности с определением репродуктивных качеств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boiko E.G., Kutsanov K. Artemia cyst production in Russia 2015 // Chinese Journal of Oceanology and Limnology. 2015. Vol. 33, No. 6. P. 1436–1450.
- 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. V. 90, I. 14. P. 1679–1698.
- 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* Günther, 1890 (Branchiopoda: Anostraca) in Europe: An Integrated and Interdisciplinary Approach Internat. Rev. Hydrobiol. 94. 2009. 5. P. 560–579.
- Shadrin N., Anufrieva E., Galagovets E. Distribution and historical biogeography of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in Ukraine // International Journal of Artemia Biology. 2012. Vol. 2, № 2. P. 30–42.
- 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.
- Litvinchuk L.F., Shadrin N.V., Belmonte G. Zooplankton of the Crimean hypersaline lakes of marine origin // Naukovi zapiski Ternopil'skogo Pedagogichnogo Universitetu. Seria: Biology. 2006. 2 (29). P. 74–76.
- Литвиненко Л. И., Литвиненко А. И., Бойко Е. Г. Артемия в озерах Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 2009. 304 с.
- Воронов П. М. Сезонная численность и биомасса артемий и ее яиц в соленых озерах Крыма // Труды ВНИРО. Т. 94: Вопросы рационального морского рыболовства и воспроизводства морских рыб и беспозвоночных. 1973. С. 170–178.
- 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, вып. 2. С. 33–40.
- Соловов В. П., Студеникина Т. Л. Рачок артемия в озерах Западной Сибири: морфология, экология, перспективы хозяйственного использования. Новосибирск: Наука, 1990. 81 с.
- Соловов В. П., Студеникина Т. Л. О статусе рода *Artemia* // Биологическое разнообразие животных Сибири. Томск, 1998. С. 104–105.
- Ронжина Т. О. Динамика численности популяции галофильного рачка *Artemia* sp. в гипергалинных озерах юга Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2009. 17 с.
- Инструкция по использованию артемии в аквакультуре / Л. И. Литвиненко [и др.]. Тюмень: СибрыбНИИпроект, 2000. 58 с.
- Mun'oz J., Go'mez A., Green A.J., Figueroa J., Amat F., et al. Evolutionary Origin and Phylogeography of the Diploid Obligate Parthenogen *Artemia parthenogenetica* (Branchiopoda: Anostraca) // 2010. PLoS ONE 5(8): e11932. doi:10.1371/journal.pone.0011932.
- Asem A., Eimanifar A. & Sun S.-C. Genetic variation and evolutionary origins of parthenogenetic *Artemia* (Crustacea: Anostraca) with different ploidy // Zoologica Scripta. 2016. 45. P. 421–436.
- 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 // J. Mol. Evol. 1994 Feb; 38(2). P. 156–168.
- Hou L., Bi X., Zou X., He C., Yang L., Qu R., and Liu Z. Molecular systematics of bisexual *Artemia* populations // Aquaculture Research. 2006. 37. P. 671–680. doi:10.1111/j.1365-2109.2006.01480.x
- Baxevanis A.D., Kappas I., Abatzopoulos T.J. Molecular phylogenetics and asexuality in the

- brine shrimp *Artemia* // Mol. Phylogenet. Evol. 2006 Sep; 40(3). P. 724–738.
19. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G. Brine shrimp *Artemia* in Western Siberia Lakes: translated from Russian. Novosibirsk: Nauka, 2016. 295 p.
 20. Boyko E., Litvinenko L., Litvinenko A. The biodiversity of shrimp genus *Artemia* from Russian lakes: morfometric, cytogenetics and DNA-analysis // Acta Geologica Sinica (English Edition). 2014. V. 88 (supp.1). P. 58–60.
 21. 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
 22. Разова Л. Ф. Экспериментальные исследования биологических особенностей артемии сибирских популяций // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: сб. тр. междунар. студен. науч.-практ. конф. Тюмень, 2016. С. 551–555.
 23. Vaxevanis A.D., Maniatsi S., Kouroupis D., Marathiotis K., Kappas I., Kaiser H., Abatzopoulos T.J. Genetic identification of South African *Artemia* species: invasion, replacement and co-occurrence // J. of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 2014. 94 (4). P. 775–785.
 24. Abreu-Grobois A., Beardmore J.A. Genetic differentiation and speciation in the brine shrimp *Artemia* / C. Barigozzi (ed.) // Mechanisms of Speciation, Alan R. Liss. New York, 1982. P. 345–376.
 25. Pilla E.J.S., Beardmore J.A. Genetic and morphometric differentiation in Old World bisexual species of *Artemia* (the brine shrimp) // Heredity. 1994. 84. P. 47–56.
 26. Sun Y., Zhong Y-Ch., Song W-Q., Zhang R-Sh., Chen R-Y. Detection of genetic relations among four *Artemia* species using randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) // International J. of Lake Research. 1999. № 8. P. 139–147.
 27. Гаевская Н. С. Изменчивость у *Artemia salina* (L.) // Тр. особой зоол. лаборат. Академии наук. Сер. 2. 1916. Т. 3. С. 1–37.
 28. Воронов П. М. Солевой состав воды и изменчивость *Artemia salina* (L.) // Зоол. журн. 1979. Т. 58, вып. 2. С. 175–178.
 29. Amat D.F. Differentiation in *Artemia* strains for Spain // The Brine Shrimp *Artemia*, Vol. 1. Morphology, Genetics, Radiobiology, Toxicology / G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels, E. Jaspers (Eds.). Belgium: Universa Press, Wetteren, 1980. P. 19–39.
 30. Gilchrist B.M. Growth and form of the brine shrimp *Artemia salina* (L.) // Proc. Zool. Soc. ind. 1960. Vol. 134, № 2. P. 221–235.
 31. 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. II. Parthenogenetic populations // Hydrobiologia. 1997. 357. P. 155–163.
 32. Boyko E.G., Saucova N.A., Sorgeloos P. Characterization of *Artemia* populations from Western Siberia: cytogenetics and morphology // 8th International Conf. on Salt Lakes: Abstracts. Zhemchuzhny, Republic of Khakasia, 23-26 July 2002. Krasnoyarsk: Institute of Biophysics of SB RAS, 2002. P. 96–97.
 33. Litvinenko L.I., Boyko E.G. The Morphological Characteristics of *Artemia* Shrimps from Siberian Populations // Inland Water Biology. 2008. Vol. 1, № 1. P. 37–45.
 34. Литвиненко Л. И., Бойко Е. Г. Морфологические исследования искусственно выращенных рачков артемии сибирских популяций // Сибирский эколог. журн. 2008. Т. 15, № 1. С. 11–22.
 35. Алекин О. А., Семенов А. Д., Скотинцев Б. А. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 271 с.
 36. Abatzopoulos T.J., Zhang B., Sorgeloos P. *Artemia tibetiana*: preliminary characterization of a new *Artemia* species found in Tibet (People's Republic of China) // International Study on *Artemia*. LIX. International Journal of Salt Lake Research. 1998. 7. P. 41–44.
 37. Vanhaecke P., Sorgeloos P. International Study on *Artemia*. IV. The biometrics of *Artemia* strains from different geographical origin // The brine shrimp *Artemia*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture / G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels, E. Jaspers (Eds.). Belgium: Universa Press, Wetteren, 1980. P. 393–405.
 38. Старовойтова Д. А., Бурмистрова О. С. Размеры цист популяций артемии разнотипных озер Кулундинской низменности // Изв. АО РГО. 2017. № 4 (47). С. 84–92.
 39. Ануфриева Е. В. Ракообразные гиперсоленых водоемов Крыма: фауна, экология, распространение: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Севастополь, 2014. 23 с.

40. Клепиков Р. А. Цисты рачка *Artemia* Leach, 1819 в гипергалинных озерах Алтайского края: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2012. 23 с.
41. Сравнительный анализ популяций артемии в озерах Обь-Иртышского междуречья по морфометрическим признакам цист и науплиусов / Г. И. Егоркина [и др.] // Ползуновский вестн. 2006. № 2. С. 360–364.
42. Пермякова Г. В. Жаброногий рачок *Artemia* Leach, 1819 в гипергалинных озерах Алтая (на примере озера Большое Яровое): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2012. 23 с.
43. Иванова В. И. Экологическое состояние и генезис биоты гипергалинных водоемов Калмыкии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2013. 19 с.
44. Убаськин А. В. Эколого-биологические особенности рачка *Artemia*: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Омск, 2005. 20 с.
45. Вольф Л. А. Экологические особенности жаброногого рачка (*Artemia parthenogenetica* Varigozzi, 1974) в соленых водоемах Северного Казахстана (Республика Казахстан): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Павлодар, 2011. 21 с.
46. Sorgeloos P., Lavens P., Leger Ph., Tackaert W., Versichele D. Manual for the culture and use of brine shrimp in aquaculture. Belgium: Chent universiteit, 1986. 319 p.
47. Vanhaecke P., Sorgeloos P. The effect of temperature on cyst hatching, larval survival and biomass production for different geographical strains of brine shrimp *Artemia* spp. // International study on *Artemia*. XLVII. Annls Soc. r. zool. Belg. 1989. 119. P. 7–23.
48. Gilchrist B.M., Green J. The pigments of *Artemia* // Proc. Roy. Soc. Ser. B. 1960. 152. P. 118–136.
49. К вопросу об идентификации партеногенетических популяций артемии в сибирском регионе / Г. И. Егоркина [и др.] // Вестн. Алтайского гос. аграрного ун-та. 2008. № 6 (44). С. 44–47.
50. Léger P., Bengtson D.A., Simpson K.L. and Sorgeloos P. The use and nutritional value of *Artemia* as a food source // Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 1986. 24. P. 521–623.
51. 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 & shellfish larviculture symposium. Belgium, Gent, 3-6 sept. 2001. P. 407.
52. Watanabe T., Oowa F., Kitajima C., Fujita S. Nutritional quality of the brine shrimp *Artemia salina* as a living feed from the view point of essential fatty acids // Bull. jap. Soc. Sci. Fish., 1978. 44 (10). P. 1115–1121.
53. Руднева И. И., Щепкина А. М. Химический состав цист артемии из различных источников // Рыбное хоз-во. 1990. № 5. С. 59–60.
54. Руднева И. И. Артемия. Перспективы использования в народном хозяйстве / АН УССР, Ин-т биологии южных морей им. А. О. Ковалевского. Киев: Наукова думка, 1991. 138 с.
55. Ben Naceur H., Ben Rejeb Jenhani A., Romdhane M.S. Quality characterization of cysts of the brine shrimp *Artemia salina* from Tunisia focusing on their potential use in aquaculture // J. of Biological Research-Thessaloniki 17. 2012. P. 16–25.

ON MATTERS OF IDENTIFICATION OF THE POPULATION OF ARTEMIA IN WATERS OF RUSSIA BY CYSTS

L.I. Litvinenko^{1,2}, E.G. Boyko², K.V. Kutsanov¹, A.G. Gerasimov¹, L.F. Razova^{1,2},
M.A. Pobedintseva³, A.I. Litvinenko²

¹Federal State Budgetary Scientific Institution “State Scientific-and-Production Center of Fishery”,
Tyumen, Russia 625023

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“State Agrarian University of Northern Zauralye”, Tyumen, Russia 625003

³Federal State Budgetary Scientific Institution “Institute of Molecular and Cellular Biology
of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences” (IMCB SB RAS),
Novosibirsk, Russia 630090

This paper presents methods of identification of the *Artemia* by cysts from various natural water reservoirs of Russia. We performed these studies using the Siberian, American, and Crimean populations. The data we obtained and that given in literature shows that the issue of identification of cysts is far from being solved. Significant phenotypic and genotypic variability of the parameters we considered is observed in populations of the *Artemia* in Russia. Sex structure of these crustaceans grown from cysts is the differentiating feature of parthenogenetic and bisexual populations. Such kinds of the *Artemia* as *A. salina*, *A. urmiana*, and *A. sinica* are identified by molecular and genetic markers. The following parameters may be used as differentiating features of parthenogenetic populations: Nauplius hatching percent, biometry of cysts, embryos and chorion, morphometry of pubescent crustaceans and nauplii, number of cysts and embryos per gram on dry matter, growth rate of these crustaceans, colour differentiation of cysts, and DNA-analysis. At the present moment none of the said methods make it possible to clearly identify parthenogenetic populations by any specific sign. In order to develop a set of methods of identification of *Artemia* populations by cyst we need comprehensive studies of morphological, biometrical, karyological, genetic, biochemical, and other characteristics, which would be based on actual information and samples, including samples of cysts from fishing ponds of Russia taken during several sequential and at periods of various generations and performed with estimation of reproductive traits.

Key words: *Artemia*; *Artemia parthenogenetica*; cysts; crustaceans; DNA-analysis; population; identification; morphometry

REFERENCES

1. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boiko E.G., Kutsanov K. *Artemia* cyst production in Russia 2015. Chinese Journal of Oceanology and Limnology. 2015. V. 33, No. 6. P. 1436–1450.
2. 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. V. 90, I. 14. P. 1679–1698.
3. 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* Günther, 1890 (Branchiopoda: Anostraca) in Europe: An Integrated and Interdisciplinary Approach Internat. Rev. Hydrobiol. 94. 2009. 5. P. 560–579.
4. Shadrin N., Anufrieva E., Galagovets E. Distribution and historical biogeography of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in Ukraine. International Journal of Artemia Biology. 2012. V. 2, No. 2. P. 30–42.
5. 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. No. 4. P. 139–150.
6. Litvinchuk L.F., Shadrin N.V., Belmonte G. Zooplankton of the Crimean hypersaline lakes of marine origin. Naukovi zapiski Ternopilskogo Pedagogichnogo Universitetu. Seria: Biology. 2006. 2 (29). P. 74–76.
7. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G. [*Artemia* in lakes of Western Siberia]. Novosibirsk: Nauka, 2009. 304 p. (In Russ.)
8. Voronov P.M. [Seasonal abundance and biomass of *Artemia* and its eggs in salt lakes of Crimea]. Proceedings of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography. V. 94: Issues of Reasonable Sea Fishing and Reproduction of Sea Fish and Invertebrates. 1973. P. 170–178. (In Russ.)
9. Solovov V.P., Studenikina T.L. [Specific features of population abundance of *Artemia salina* (L.) brachiopoda in lakes of the Southern region of Western Siberia, and prospects of use of their resources]. Hydrobiological Journal. 1992. V. 28, issue 2. P. 33–40. (In Russ.)
10. Solovov V.P., Studenikina T.L. [*Artemia* crustaceans in lakes of Western Siberia: morphology, ecology, and prospects of its economic use]. Novosibirsk: Nauka, 1990. 81 p. (In Russ.)
11. Solovov V.P., Studenikina T.L. [About the status of the *Artemia* genus]. Biodiversity of Animals of Siberia. Tomsk, 1998. P. 104–105. (In Russ.)
12. Ronzhina T.O. [Population Abundance of *Artemia* sp. Halophilic crustaceans in hyperhallic lakes of the Southern region of Western Siberia]. Abstract of a thesis ... Candidate of Biological Sciences. Novosibirsk, 2009. 17 p. (In Russ.)
13. Litvinenko L.I. et al. [Manual for use of *Artemia* in aquaculture]. Tyumen: Siberian Research and Design Institute of Fisheries, 2000. 58 p. (In Russ.)

14. Munˆoz J., Go´mez A., Green A.J., Figuerola J., Amat F., et al. Evolutionary Origin and Phylogeography of the Diploid Obligate Parthenogen *Artemia parthenogenetica* (Branchiopoda: Anostraca). 2010. PLoS ONE 5(8): e11932. doi:10.1371/journal.pone.0011932.
15. Asem A., Eimanifar A. & Sun S.-C. Genetic variation and evolutionary origins of parthenogenetic *Artemia* (Crustacea: Anostraca) with different ploidies. Zoologica Scripta. 2016. 45. P. 421–436.
16. 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. J. Mol. Evol. 1994 Feb; 38 (2). P. 156–168.
17. Hou L., Bi X., Zou X., He C., Yang L., Qu R., and Liu Z. Molecular systematics of bisexual *Artemia* populations. Aquaculture Research. 2006. 37. P. 671–680. doi:10.1111/j.1365-2109.2006.01480.x
18. Baxevanis A.D., Kappas I., Abatzopoulos T.J. Molecular phylogenetics and asexuality in the brine shrimp *Artemia*. Mol. Phylogenet. Evol. 2006 Sep; 40 (3). P. 724–738.
19. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G. Brine shrimp *Artemia* in Western Siberia Lakes: translated from Russian. Novosibirsk: Nauka, 2016. 295 p.
20. Boyko E., Litvinenko L., Litvinenko A. The biodiversity of shrimp genus *Artemia* from Russian lakes: morfometric, cytogenetics and DNA-analysis. Acta Geologica Sinica (English Edition). 2014. V. 88 (supp. 1). P. 58–60.
21. 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
22. Razova L.F. [Experimental studies of biological features of the brine shrimp *Artemia* of Siberian populations]. Topical Issues of Science and Economy: New Challenges and Solutions: Collection of Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Tyumen, 2016. P. 551–555. (In Russ.)
23. Baxevanis A.D., Maniatsi S., Kouroupis D., Marathiotis K., Kappas I., Kaiser H., Abatzopoulos T.J. Genetic identification of South African *Artemia* species: invasion, replacement and co-occurrence. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 2014. 94 (4). P. 775–785.
24. Abreu-Grobois A., Beardmore J.A. Genetic differentiation and speciation in the brine shrimp *Artemia* / C. Barigozzi (ed.). Mechanisms of Speciation, Alan R. Liss. New York, 1982. P. 345–376.
25. Pilla E.J.S., Beardmore J.A. Genetic and morphometric differentiation in Old World bisexual species of *Artemia* (the brine shrimp). Heredity. 1994. 84. P. 47–56.
26. Sun Y., Zhong Y-Ch., Song W-Q., Zhang R-Sh., Chen R-Y. Detection of genetic relations among four *Artemia* species using randomly amplified polymorphic DNA (RAPD). International Journal of Lake Research. 1999. No. 8. P. 139–147.
27. Gaevskaya N.S. [Variability of *Artemia salina* (L.)]. Proceedings of Special Zoological Laboratory of the Academy of Sciences. Series 2. 1916, V. 3. P. 1–37. (In Russ.)
28. Voronov P.M. [Salt composition of water, and variability of *Artemia salina* (L.)]. Zoological Journal. 1979. V. 58, issue 2. P. 175–178. (In Russ.)
29. Amat D.F. Differentiation in *Artemia* strains for Spain. The Brine Shrimp *Artemia*, V. 1. Morphology, Genetics, Radiobiology, Toxicology / G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels, E. Jaspers (Eds.). Belgium: Universa Press, Wetteren, 1980. P. 19–39.
30. Gilchrist B.M. Growth and form of the brine shrimp *Artemia salina* (L.). Proc. Zool. Soc. ind. 1960. V. 134, No. 2. P. 221–235.
31. 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. II. Parthenogenetic populations. Hydrobiologia. 1997. 357. P. 155–163.
32. Boyko E.G., Saucova N.A., Sorgeloos P. Characterization of *Artemia* populations from Western Siberia: cytogenetics and morphometry. 8th International Conf. on Salt Lakes: Abstracts. Zhemchuzhny, Republic of Khakasia, 23–26 July 2002. Krasnoyarsk: Institute of Biophysics of SB RAS, 2002. P. 96–97.
33. Litvinenko L.I., Boyko E.G. The Morphological Characteristics of *Artemia* Shrimps from Siberian Populations. Inland Water Biology. 2008. V. 1, No. 1. P. 37–45.
34. Litvinenko L.I., Boyko E.G. [Morphological Studies of Artificially Grown brine shrimps *Artemia* of Siberian Populations]. Siberian Ecological Journal. 2008. V. 15, No. 1. P. 11–22. (In Russ.)

35. Alekin O.A., Semenov A.D., Skotintsev B.A. [Guidelines on chemical analysis of inland superficial waters]. Leningrad: Hydrometeorological Publishing House, 1973. 271 p. (In Russ.)
36. Abatzopoulos T.J., Zhang B., Sorgeloos P. *Artemia tibetiana*: preliminary characterization of a new *Artemia* species found in Tibet (People's Republic of China). International Study on *Artemia*. LIX. International Journal of Salt Lake Research. 1998. 7. P. 41–44.
37. 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 / Persoone G., Sorgeloos P., Roels O., Jaspers E. (Eds). Belgium: Universa Press, Wetteren, 1980. P. 393–405.
38. Starovoytova D.A., Burmistrova O.S. [The size of cysts of *Artemia* populations in various lakes of Kulundinskaya Lowland]. Proceedings of Altai Branch of the Russian Geographic Society. 2017. No. 4 (47). P. 84–92. (In Russ.)
39. Anufrieva E.V. [Crustaceans of Crimean hypersaline lakes: fauna, ecology, and distribution]. Abstract of a thesis ... Candidate of Biological Sciences]. Sevastopol, 2014. 23 p. (In Russ.)
40. Klepikov R.A. [Cysts of *Artemia* Leach, 1819, in hypersaline lakes of Altai krai]. Abstract of a thesis ... Candidate of Biological Sciences. Novosibirsk, 2012. 23 p. (In Russ.)
41. Egorkina G.I. et al. [Comparative analysis of *Artemia* populations in lakes of the Ob-Irtysh interfluves by morphometric parameters of cysts and nauplii]. Polzunovsky Vestnik. 2006. No. 2. P. 360–364. (In Russ.)
42. Permyakova G.V. [The *Artemia* Leach, 1819 brachiopoda in Altai hyperhallinic lakes (using Lake Bolshoye Yarovoye as an example)]. Abstract of a thesis ... Candidate of Biological Sciences. Novosibirsk, 2012. 23 p. (In Russ.)
43. Ivanova V.I. [Ecological state and genesis of biota in Kalmykia hyperhallinic lakes]. Abstract of a thesis ... Candidate of Biological Sciences. Saratov, 2013. 19 p. (In Russ.)
44. Ubaskin A.V. [Ecological and biological features of the *Artemia*]. Abstract of a thesis ... Candidate of Biological Sciences. Omsk, 2005. 20 p. (In Russ.)
45. Wolff L.A. [Ecological features of the brachiopoda (*Artemia parthenogenetica* Barigozzi, 1974) in Northern Kazakhstan salt lakes (Republic of Kazakhstan)]. Abstract of a thesis ... Candidate of Biological Sciences. Pavlodar, 2011. 21 p. (In Russ.)
46. Sorgeloos P., Lavens P., Leger Ph., Tackaert W., Versichele D. Manual for the culture and use of brine shrimp in aquaculture. Belgium: Chent universiteit, 1986. 319 p.
47. Vanhaecke P., Sorgeloos P. The effect of temperature on cyst hatching, larval survival and biomass production for different geographical strains of brine shrimp *Artemia* spp. International study on *Artemia*. XLVII. Annls Soc. r. zool. Belg. 1989. 119. P. 7–23.
48. Gilchrist B.M., Green J. The pigments of *Artemia*. Proc. Roy. Soc. Ser. B. 1960. 152. P. 118–136.
49. Egorkina G.I. et al. [On matters of identification of parthenogenetic *Artemia* populations in Siberian Region]. Bulletin of Altai State Agrarian University. 2008. No. 6 (44). P. 44–47. (In Russ.)
50. Léger P., Bengtson D.A., Simpson K.L. and Sorgeloos P. The use and nutritional value of *Artemia* as a food source. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 1986. 24. P. 521–623.
51. 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 & shellfish larviculture symposium. Belgium, Gent, 3–6 sept. 2001. P. 407.
52. Watanabe T., Oowa F., Kitajima C., Fujita S. Nutritional quality of the brine shrimp *Artemia salina* as a living feed from the view point of essential fatty acids. Bull. jap. Soc. Sci. Fish., 1978. 44 (10). P. 1115–1121.
53. Rudneva I.I., Shchepkina A.M. [Chemical composition of *Artemia* cysts taken from various sources]. Fisheries. 1990. No. 5. P. 59–60. (In Russ.)
54. Rudneva I.I. [Brine shrimp *Artemia*. Prospects of use in national economy]. Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas. Kiev: Naukova Dumka, 1991. 138 p. (In Russ.)
55. Ben Naceur H., Ben Rejeb Jenhani A., Romdhane M.S. Quality characterization of cysts of the brine shrimp *Artemia salina* from Tunisia focusing on their potential use in aquaculture. Journal of Biological Research-Thessaloniki 17. 2012. P. 16–25.

Об авторах

Литвиненко Людмила Ильинична,
доктор биологических наук, начальник отдела
промысловых беспозвоночных
ФГБНУ «Государственный научно-производ-
ственный центр рыбного хозяйства»
625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
(3452) 41-87-36; opb@gosrc.ru
профессор кафедры водных биоресурсов
и аквакультуры
ФГБОУ ВО «Государственный аграрный универ-
ситет Северного Зуралья»
625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7
(3452) 29-01-81; acadagro@mail.ru

Бойко Елена Григорьевна,
кандидат биологических наук, ректор
ФГБОУ ВО «Государственный аграрный универ-
ситет Северного Зуралья»
625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7
(3452) 29-01-81; acadagro@mail.ru

Куцанов Кирилл Владимирович,
ведущий научный сотрудник
ФГБНУ «Государственный научно-производ-
ственный центр рыбного хозяйства»
625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
(3452) 41-87-36; opb@gosrc.ru

Герасимов Алексей Геннадьевич,
младший научный сотрудник
ФГБНУ «Государственный научно-производ-
ственный центр рыбного хозяйства»
625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
(3452) 41-87-36; opb@gosrc.ru

Разова Любовь Федоровна,
младший научный сотрудник
ФГБНУ «Государственный научно-производ-
ственный центр рыбного хозяйства»
625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33
(3452) 41-87-36; opb@gosrc.ru
аспирант
ФГБОУ ВО «Государственный аграрный универ-
ситет Северного Зуралья»
625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7
(3452) 29-01-81; acadagro@mail.ru

About the authors

Lyudmila Ilinichna Litvinenko,
Doctor of Biological Sciences, Head of the
Department of Commercial Invertebrates,
Federal State Budgetary Scientific Institution
“State Scientific-and-Production Center of Fishery”,
33, Odesskaya str., Tyumen 625023
+7 3452 41-87-36; opb@gosrc.ru;
Prof., Department of Aquatic Bioresources
and Aquaculture,
Federal State Budgetary Educational Institution
of Higher Education “State Agrarian University
of Northern Zauralye”,
7, Respubliki str., Tyumen 625003
+7 3452 29-01-81; acadagro@mail.ru

Elena Grigoryevna Boyko,
Candidate of Biological Sciences, Rector
Federal State Budgetary Educational Institution
of Higher Education “State Agrarian University
of Northern Zauralye”,
7, Respubliki str., 625003
+7 3452 29-01-81; acadagro@mail.ru

Kirill Vladimirovich Kutsanov,
Leading Research Fellow,
Federal State Budgetary Scientific Institution
“State Scientific-and-Production Center of Fishery”,
33, Odesskaya str., Tyumen 625023
+7 3452 41-87-36; opb@gosrc.ru

Alexey Gennadyevich Gerasimov,
Junior Research Fellow,
Federal State Budgetary Scientific Institution
“State Scientific-and-Production Center of Fishery”,
33, Odesskaya str., Tyumen 625023
+7 3452 41-87-36; opb@gosrc.ru

Lyubov Fedorovna Razova,
Junior Research Fellow,
Federal State Budgetary Scientific Institution
“State Scientific-and-Production Center of Fishery”,
33, Odesskaya str., Tyumen 625023
+7 3452 41-87-36; opb@gosrc.ru
Post-graduate student,
Federal State Budgetary Educational Institution
of Higher Education “State Agrarian University
of Northern Zauralye”,
7, Respubliki str., 625003
+7 3452 29-01-81; acadagro@mail.ru

Побединцева Мария Алексеевна,
старший лаборант-исследователь
лаборатории сравнительной геномики
ФГБНУ Институт молекулярной и клеточной
биологии Сибирского отделения Российской ака-
демии наук
630090, г. Новосибирск, пр-кт ак. Лаврентьева, 8/2
mapob@mcb.nsc.ru

Литвиненко Александр Иванович,
профессор кафедры водных биоресурсов
и аквакультуры
ФГБОУ ВО «Государственный аграрный
университет Северного Зуралья»
625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7
(3452) 29-01-81; acadagro@mail.ru

Maria Alexeevna Pobedintseva,
Senior Research Laboratory Assistant,
Laboratory of Comparative Genomics,
Federal State Budgetary Scientific Institution
“Institute of Molecular and Cellular Biology
of Siberian Branch of the Russian Academy
of Sciences”,
8/2, Acad. Lavrentyev av., Novosibirsk 630090
mapob@mcb.nsc.ru

Alexander Ivanovich Litvinenko,
Prof., Department of Aquatic Bioresources
and Aquaculture,
Federal State Budgetary Educational Institution
of Higher Education “State Agrarian University
of Northern Zauralye”,
7, Respubliki str., 625003
+7 3452 29-01-81; acadagro@mail.ru