

УДК 595.32:574.4

СРАВНИТЕЛЬНАЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЧКОВ РОДА ARTEMIA УРАЛЬСКИХ И ЗАПАДНО-СИБИРСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ В ГОДЫ С РАЗНОЙ ВОДНОСТЬЮ



Е.Г. Бойко,

кандидат биологических наук, доцент, ректор, ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»



Л.И. Литвиненко,

доктор биологических наук, профессор кафедры водных биоресурсов и аквакультуры ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», заведующая лабораторией промысловых беспозвоночных, ФГБНУ «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства»



А.И. Литвиненко,

доктор биологических наук, профессор кафедры водных биоресурсов и аквакультуры, ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», генеральный директор, ФГБНУ «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства»

Ключевые слова: Ключевые слова: Артемия, морфометрический анализ, солёность
Keywords: Artemia, morphometric analysis, salinity

В южной части Западной Сибири и Урала встречается большое количество высокоминерализованных водоемов, биоценоз которых, как правило, небогат в видовом отношении и зачастую представлен только несколькими видами продуцентов и консументов. Отсутствие хищников и пищевых конкурентов позволяет популяциям отдельных видов беспозвоночных процветать практически в монокультуре. По доминирующему виду в сообществе можно выделить мелководные водоемы, единственным обитателем которых из представителей царства животных является гипергалинный рачок рода *Artemia* Leach, 1819.

Научный интерес к артемии вызван её адаптацией к экстремальным условиям среды (высокая солёность, низкое содержание кислорода и т.д.). Рачки *Artemia* обладают самой совершенной осморегулирующей системой, что позволяет им обитать в среде с содержанием солей от 10 до 340 г/л и выше [1]. Рачки характеризуются высокой экологической пластичностью. В зависимости от условий среды они могут менять свои размеры и форму. Основным морфообразующим фактором считается концентрация солей [2–4 и др.]. Принципы и способы адаптации природных популяций к изменяющимся условиям среды обитания составляют фундаментальную проблему экологии организмов. Поэтому изучение механизмов адаптации артемии к меняющимся условиям окружающей среды, а также к постоянному прессингу промысла

является важной теоретической и прикладной задачей.

Цисты (диапазирующие яйца) артемии, из которых в любое время можно получить науплиусы (личинки), во всем мире признаны лучшим живым стартовым кормом для личинок рыб и ракообразных [1, 5]. Главная ценность этих кормов заключена в удобстве использования и пищевых качествах. Целесообразность успешного применения науплиусов артемии в качестве стартового живого корма, в том числе была доказана на личинках русского осетра более 50 лет назад. Однако, несмотря на положительные результаты, использование артемии для кормления осетровых в течение длительного времени не получало должного распространения. В последние 15 лет снова появился интерес к этому гидробионту, к достоинствам которого наряду с физиологической полноценностью можно отнести его размеры, отрицательную плавучесть, легкость захвата личинками. Кроме того, сухие цисты артемии можно хранить в течение длительного времени. Доказано, что при кормлении личинок осетра и стерляди науплиусами артемии, обогащенными препаратом Selco-DHA с высоким содержанием докозагексаеновой кислоты, скорость роста рыб по массе статистически достоверно увеличивается в 3,9 раза, чем при использовании искусственного корма и в 1,5–1,6 раза выше, чем при кормлении небогащенными рачками [6]. В настоящее время в России, по-

Географическое расположение изученных артемиевых озер и их некоторые характеристики

Название озера	Географические координаты	Площадь, км ²	Глубина, м		Соленость среднесезонная, г/л / группа	
			средняя	max	2008 г.	2011 г.
Челябинская область						
Соленый Кулат	55°00' N-61°57' E	0,52	0,6	1,1	98/II	173/III
Курганская область						
Невидим	55°08' N-66°55' E	7,18	0,7	1,6	130/II	175/III
Требушинное	55°02' N-66°56' E	3,08	0,8	1,5	66/I	125/II
Б. Курейное	54°56' N-66°56' E	3,71	0,6	1,6	74/II	126/II
Б. Медвежье	55°15' N-67°50' E	38,3	0,8	1,3	197/III	293/IV
М. Медвежье	55°15' N-68°05' E	18,1	0,8	1,2	198/III	321/IV
Вишняковское	54°44' N-63°48' E	2,20	0,9	1,8	142/II	319/IV
Тюменская область						
Окуневское	55°43' N-68°40' E	0,75	0,8	1,2	130/II	155/III
Сиверга	55°23' N-68°45' E	52,13	0,6	1,3	80/II	90/II
Омская область						
Эбейты	54°40' N-71°45' E	83,3	0,4	0,7	159/III	247/III

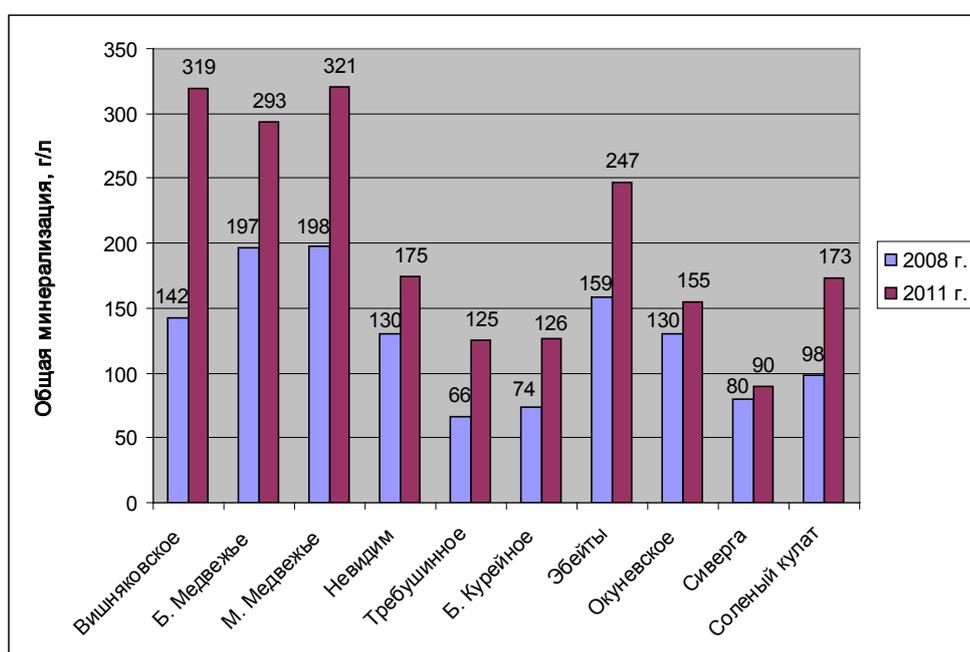


Рисунок 1. Общая минерализация исследованных водоёмов

мимо кормления осетровых, артемию используют для подращивания личинок карповых, сиговых рыб, клариевого сома, судака и др.

За последние десятилетия цисты артемии, заготовленные в водоемах Западной Сибири, обеспечивают стартовым кормом все рыбоводные хозяйства страны. Кроме того, значительная часть цист отправляется за границу. На мировом рынке цист на Россию приходится около 20% [7].

Таким образом, рачки *Artemia* представляют значительный научный и практический интерес. Однако количество артемиевых водоёмов в регионе, их акватория и фонд зависят от условий водности и могут заметно колебаться в отдельные годы. Добыча гидробионтов в качестве биокормов требует постоянного мониторинга за их состоянием. Сотрудники ФГБНУ «Госрыбцентр» на протяжении нескольких десятков лет проводят исследования в этом направлении. За

это время определен фонд артемиевых озер, определены запасы и разработаны методики их определения, а также прогноз возможного вылова на последующие годы.

Целью настоящих исследований явилось изучение изменчивости морфометрических признаков артемии уральских и западно-сибирских популяций в зависимости от климатических условий (водность). Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: 1) провести сравнительный морфометрический анализ самок артемии ряда озер Урала и юга Западной Сибири вегетационных сезонов 2008 и 2011 гг., с повышенной и низкой водностью соответственно; 2) изучить зависимость морфометрических показателей рачков от факторов окружающей природной среды.

Материалом для исследований послужили половозрелые самки артемии, отобранные в 2008 и 2011 гг.

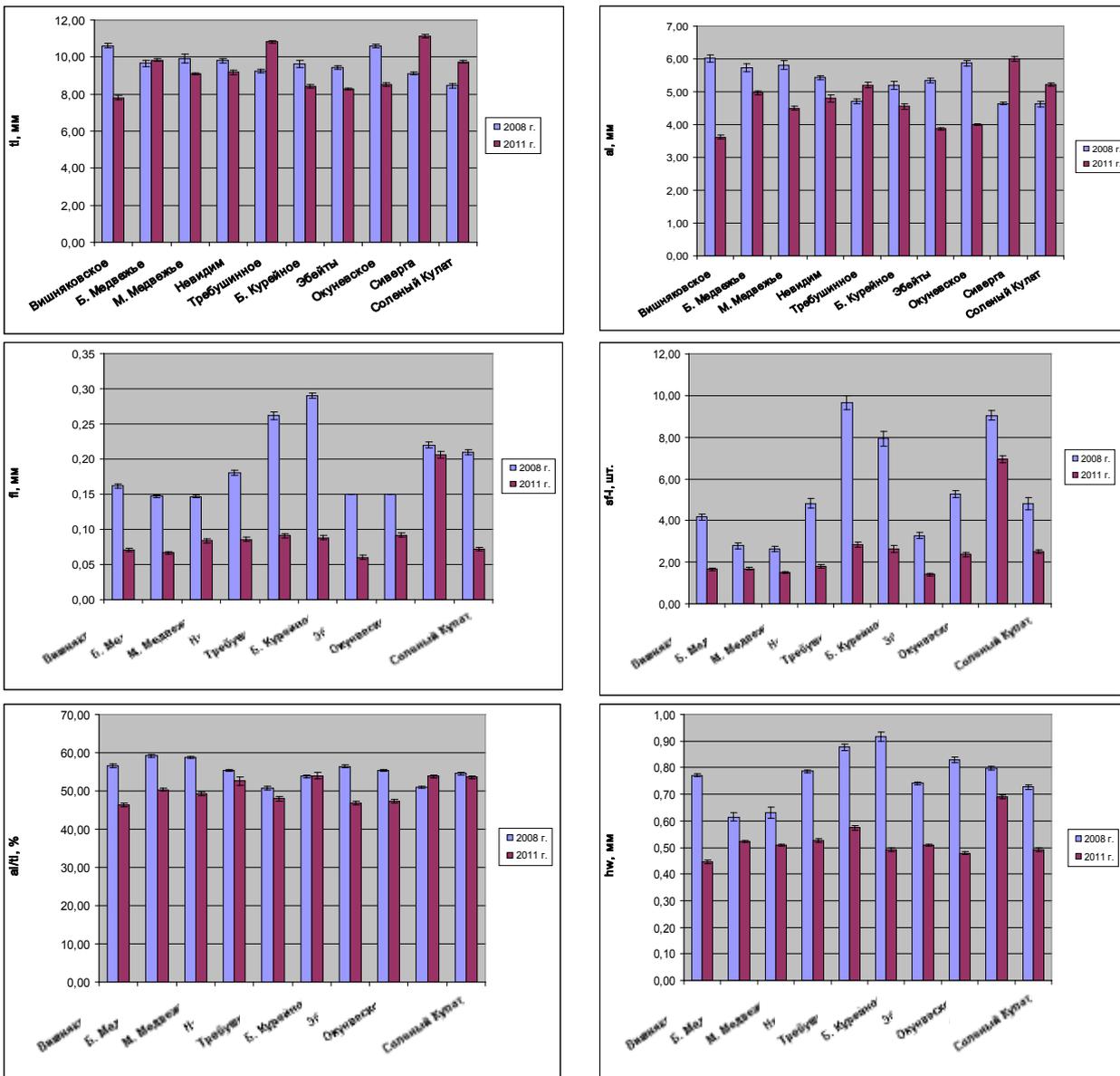


Рисунок 2. Динамика изменения некоторых морфометрических показателей рачков за два вегетационных сезона

из озер Тюменской, Курганской, Омской и Челябинской областей в количестве 1672 экземпляров. Анализ провели по 10 морфометрическим признакам, из которых девять пластических: длина тела (tl), длина абдомена (al), ширина абдомена (aw), расстояние между глазами (de), диаметр глаз (ed), длина фурки (fl), длина первой антенны (la), ширина головы (hw), индекс длины абдомена (al/tl); и один меристический: число щетинок на правой (sf-r) и левой sf-l ветвях фурки. Результаты измерений обработаны стандартными статистическими методами [8]. Все расчеты проводили в программах STATISTICA и Microsoft Excel.

Географическое расположение и основные характеристики исследованных артемиевых озёр представлены в табл. 1. Акватория исследованных озер сильно различалась, к крупным по площади водоемам можно отнести озера Эбейты, Большое и Малое Мед-

вежье, Сиверга. Все озера мелководные, максимальная глубина не превышает 1,8 м. Согласно принятой классификации [1] озера были условно подразделены в группы по показателям общей минерализации: I – до 70 г/л, II – от 71 до 150 г/л, III – от 151 до 250 г/л, IV – свыше 251 г/л.

Минерализация исследованных озер в 2008 и 2011 гг. сильно различалась (рис. 1). В 2008 г. среднесезонная минерализация исследованных озер составила 127,4+15,2 г/л. В целом, минерализация рапы озер за исследуемый период изменялась от 66 (оз. Требушинное) до 198 г/л (оз. М. Медвежье). В 2011 г. минерализация была значительно выше, составила 202,4+27,0 г/л и варьировала в широких пределах от 90 (оз. Сиверга) до 321 г/л (оз. М. Медвежье).

Концентрация солей в водоеме напрямую интегрирована с водностью. Вегетационные сезоны 2008 и 2011 гг. значительно отличались по сумме осадков. В

Сравнительный анализ рачков исследованных популяций по морфометрическим признакам за два вегетационных сезона

	2008 год				2011 год			
	min	max	M±m	CV	min	max	M±m	CV
tl	8,46±0,1 Сол. Кулат	10,6±0,12 Вишняковское	9,65 ±0,20	6,70	7,81± 0,11 Вишняковское	11,12± 0,09 Сиверга	9,29 ±0,35	11,81
al	4,62±0,08 Сол. Кулат	6,02±0,10 Вишняковское	5,34 ±0,17	9,97	3,61± 0,06 Вишняковское	6,00± 0,07 Сиверга	4,67 ±0,23	15,48
aw	0,43± 0,01 Б. Медвежье, М. Медвежье	0,70± 0,01 Сол. Кулат	0,54 ±0,03	16,40	0,47± 0,01 Эбейты	0,81± 0,01 Сиверга	0,57 ±0,04	19,63
de	1,11± 0,02 Б. Медвежье	1,51± 0,03 Б. Курейное	1,34 ±0,04	9,91	0,89± 0,01 Вишняковское	1,39± 0,01 Сиверга	1,05 ±0,04	12,93
ed	0,2± 0,003 Сол. Кулат	0,24± 0,02 Невидим	0,22 ±0,01	8,41	0,14± 0,004 Б. Курейное	0,24± 0,002 Сиверга	0,16 ±0,01	17,43
sf-l	2,64± 0,12 М. Медвежье	9,67± 0,34 Требушинное	5,44 ±0,81	47,11	1,41± 0,06 Эбейты	6,94± 0,16 Сиверга	2,54 ±0,51	64,16
sf-r	2,62± 0,16 Б. Медвежье	9,80± 0,34 Требушинное	5,48 ±0,81	46,89	1,23± 0,06 Эбейты	7,22± 0,17 Сиверга	2,30 ±0,57	78,37
fl	0,15± 0,002 М. Медвежье	0,29± 0,004 Б. Курейное	0,19 ±0,02	27,05	0,06± 0,003 Эбейты	0,21± 0,005 Сиверга	0,09 ±0,01	45,53
la	0,71± 0,02 Б. Медвежье	0,99± 0,01 Требушинное	0,83 ±0,03	11,87	0,52± 0,01 (Эбейты, Вишняковское)	0,82± 0,01 Сиверга	0,63 ±0,03	15,85
hw	0,61± 0,02 Б. Медвежье	0,92± 0,01 Требушинное	0,77 ±0,03	12,51	0,45± 0,01 Вишняковское	0,69± 0,01 Сиверга	0,52 ±0,02	12,93
al/ tl	50,75± 0,44 Требушинное	59,17± 0,39 Б. Медвежье	55,19 ±0,90	5,15	46,37± 0,79 Б. Курейное	53,98± 0,48 Вишняковское	50,18 ±0,98	6,14

2008 г. количество осадков было максимальным за последние десять лет исследований, в результате водоемы значительно распреснились. 2011 г. характеризовался практически отсутствием осадков в весенне-летне-осенний период. Это отразилось на гидрологических показателях озер: снижение площадей и глубин, вплоть до высыхания некоторых наиболее мелких. Вместе с тем произошло увеличение общей минерализации озер.

Возникает вопрос, каким образом разные уровни водности повлияли на показатели роста рачков, обитающих в этих водоемах. Для того, чтобы ответить на этот вопрос, проведен сравнительный морфометрический анализ половозрелых самок артемии исследованных популяций за два вегетационных сезона, резко отличающиеся климатическими условиями.

Динамика изменения некоторых изученных параметров представлена на рис. 2. У рачков всех девяти исследованных популяций наблюдалась тенденция уменьшения значений большинства параметров в более засушливый вегетационный период 2011 г. (de, ed, sf-l, sf-r, la, hw). По остальным признакам (tl, al, al/tl) также выявлено уменьшение значений, за исключением популяций менее минерализованных озер Требушинное, Сиверга и Солёный Кулат, где условия обитания рачков считаются более оптимальными и приближены к комфортным [1]. Здесь наблюдалось увеличение параметров. Не выявлена тенденция уменьшения показателей только по ширине абдомена. Таким образом, рачки вегетационного сезона 2011 г. характеризовались достоверно меньшими размерами и меньшим числом щетинок на фурке. Различия значений морфометрических показателей рачков по т-

критерию Стьюдента за два вегетационных сезона оказались достоверными в большинстве случаев (90,90%).

В табл. 2 представлены среднесезонные морфометрические показатели половозрелых самок артемии. Если охарактеризовать особенности роста рачков вегетационных сезонов 2008 и 2011 гг., то можно отметить следующее. В 2008 г. наименьшими размерами (tl, al) характеризовались рачки из оз. Солёный Кулат, наибольшими – оз. Вишняковское, в 2011 г. наоборот, у рачков из оз. Вишняковское выявлены наименьшие размеры, наибольшими отличались рачки из оз. Сиверга. Длина фурки и число щетинок на фурке оказались наименьшими у артемии из высокоминерализованных озер (Б. Медвежье, М. Медвежье, Эбейты).

Выявлено, что с увеличением общей минерализации водоемов в 2011 г. все среднесезонные показатели рачков уменьшились, за исключением ширины абдомена. Изменчивость изученных признаков, выраженная через коэффициент вариации (CV), наоборот, в 2011 г. была выше.

На основании полученных данных выявлено четкое влияние общей минерализации водоемов на морфометрические параметры рачков исследуемых популяций девяти озер Урала и Западной Сибири. Для определения степени зависимости роста гидробионта от данного фактора окружающей среды произвели расчет парных коэффициентов корреляции между анализируемыми признаками и общей минерализацией водоемов [8].

Влияние солёности водоёмов на морфометрические показатели артемии оказалось значительно. Выявле-

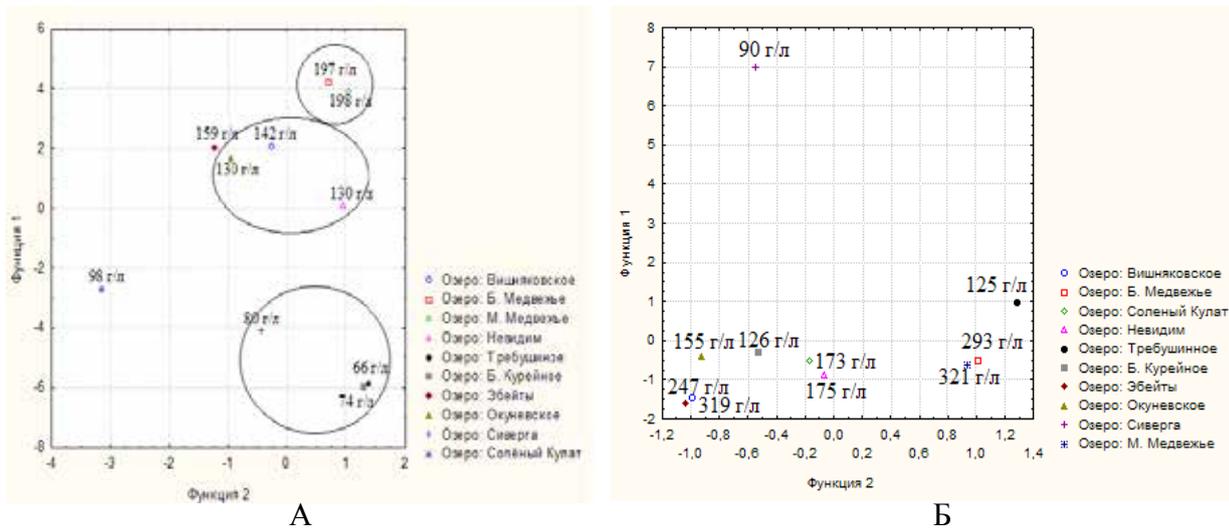


Рисунок 3. Диаграмма рассеивания центроидов вегетационного сезона 2008 г. (А), 2011 г. (Б)

на достоверная корреляция всех исследованных признаков с солёностью среды. В 2008 г. уровень корреляции между этими параметрами был высоким и изменялся от 0,36 (tl) до -0,97 (aw). В 2011 г. обнаружена разная степень корреляции между солёностью среды и морфометрическими параметрами: от ее отсутствия (-0,13) (aw) до сильной (-0,74) (tl). Наиболее высоким уровень корреляции с солёностью был у длины абдомена, числа щетинок на левой и правой частях фурки, длины антенны. Наименее коррелированными с солёностью воды оказались ширина абдомена и диаметр глаз.

В 2011 г. корреляция морфометрических параметров с солёностью оказалась менее значительной, по сравнению с данными 2008 г., за исключением длины тела. Следует отметить, что по трем показателям (tl, al, al/tl) направление корреляции оказалось различным за два года исследований. В 2008 г. взаимосвязь признаков была положительной, в то время как в 2011 г. – отрицательной.

Можно сделать вывод о том, что с понижением водности и повышением минерализации водоёмов корреляция морфометрических параметров с солёностью среды становится менее значительной. Вероятнее всего это связано с тем, что в 2011 г. большая часть анализируемых озёр находилась за пределами комфортного существования рачков. Общая минерализация водоёмов в этот год превышала 150 г/л.

Общая минерализация водоёмов складывается из суммы всех ионов, присутствующих в воде. В связи с этим проведён анализ зависимости анализируемых морфометрических показателей артемии с основными гидрохимическими показателями и соотношениями основных ионов (мг/дм³) вегетационного сезона 2011 г. (в 2008 г. не проводился полный гидрохимический анализ).

Анализируя полученные данные, можно отметить, что корреляция морфометрических параметров и основных гидрохимических показателей воды в боль-

шинстве случаев оказалась слабой. Корреляции, близкой к функциональной (от 0,9), не наблюдалось. Наибольшее влияние на показатели роста рачков оказали хлориды, сульфаты, сумма ионов натрия и калия, отношение сульфатов к сумме карбонатов и гидрокарбонатов. Такие гидрохимические показатели, как кислотность среды, ионы кальция, отношение ионов магния к ионам кальция, хлоридов к сумме магния и кальция, перманганатная окисляемость не оказали влияния на величину морфометрических параметров. Выявлено, что наименее зависимыми от изученных факторов окружающей среды являются ширина абдомена и диаметр глаз. Более подвержены влиянию факторов окружающей среды расстояние между глазами, число щетинок на правой и левой частях фурки, длина фурки, ширина головы, индекс длины абдомена.

Нами и другими учеными неоднократно выявлялась обратно пропорциональная зависимость размеров половозрелых особей и солёности [4, 9, 10]. Последний сегмент тела рачков, выросших при повышенной солёности, становится меньше и с меньшим числом щетинок. Как правило, с увеличением концентрации солей в среде снижается размер рачков, возрастает относительная длина абдомена и уменьшается его ширина. В настоящих исследованиях значения ширины абдомена достоверно уменьшились только у артемии из озёр Солёный Кулат, Б. Курейное, Невидим, Эбейты и Окуневское. У рачков из озёр Вишняковское, Требушинное, Сиверга, Б. Медвежье и М. Медвежье данной закономерности не обнаружили.

На основе измерения различных морфометрических характеристик половозрелых рачков провели классифицирование изученных объектов (популяций), т.е. отнесение к той или иной группе с применением дискриминантного анализа. Для каждой совокупности в выборке определили положение точки, представляющей средние для всех переменных в многомерном пространстве, центроидов групп [11] (рис.3). Изучен-

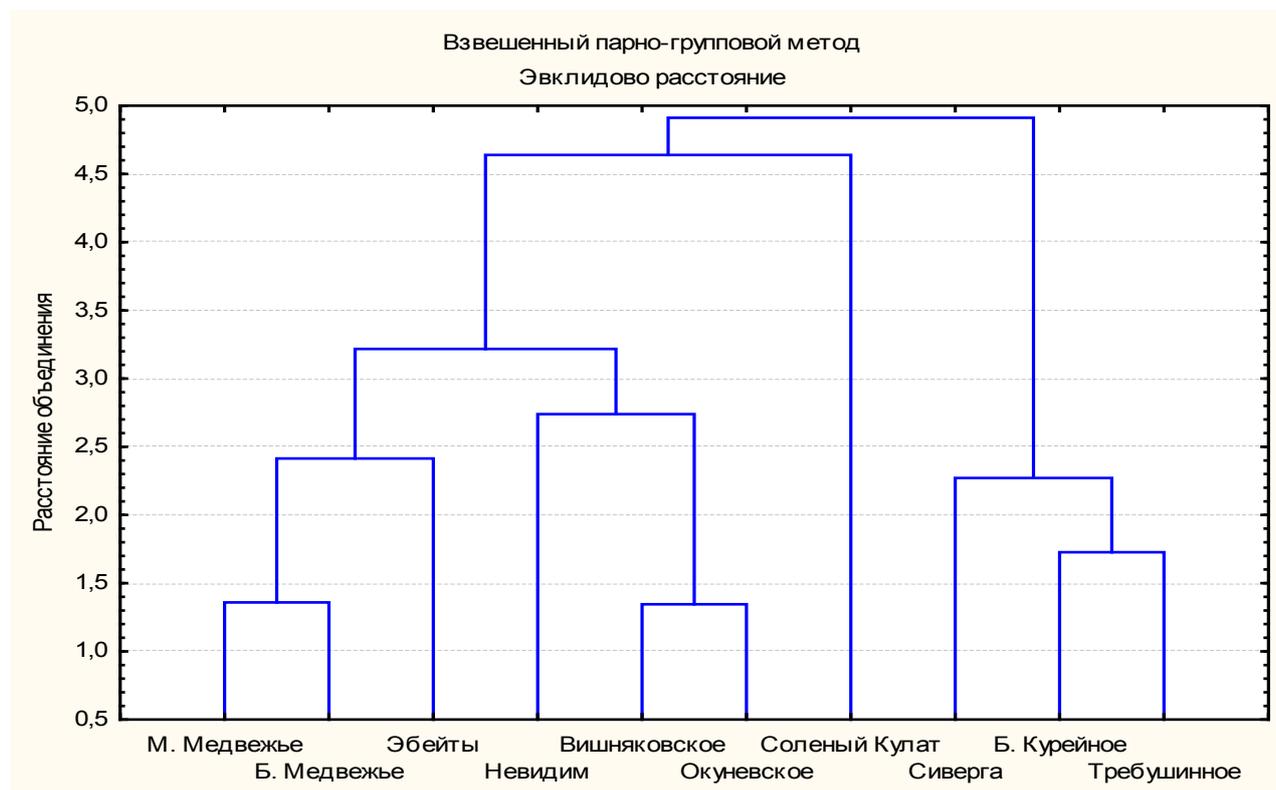


Рисунок 4. Дендрограмма сходства рачков артемии вегетационного сезона 2008 г.

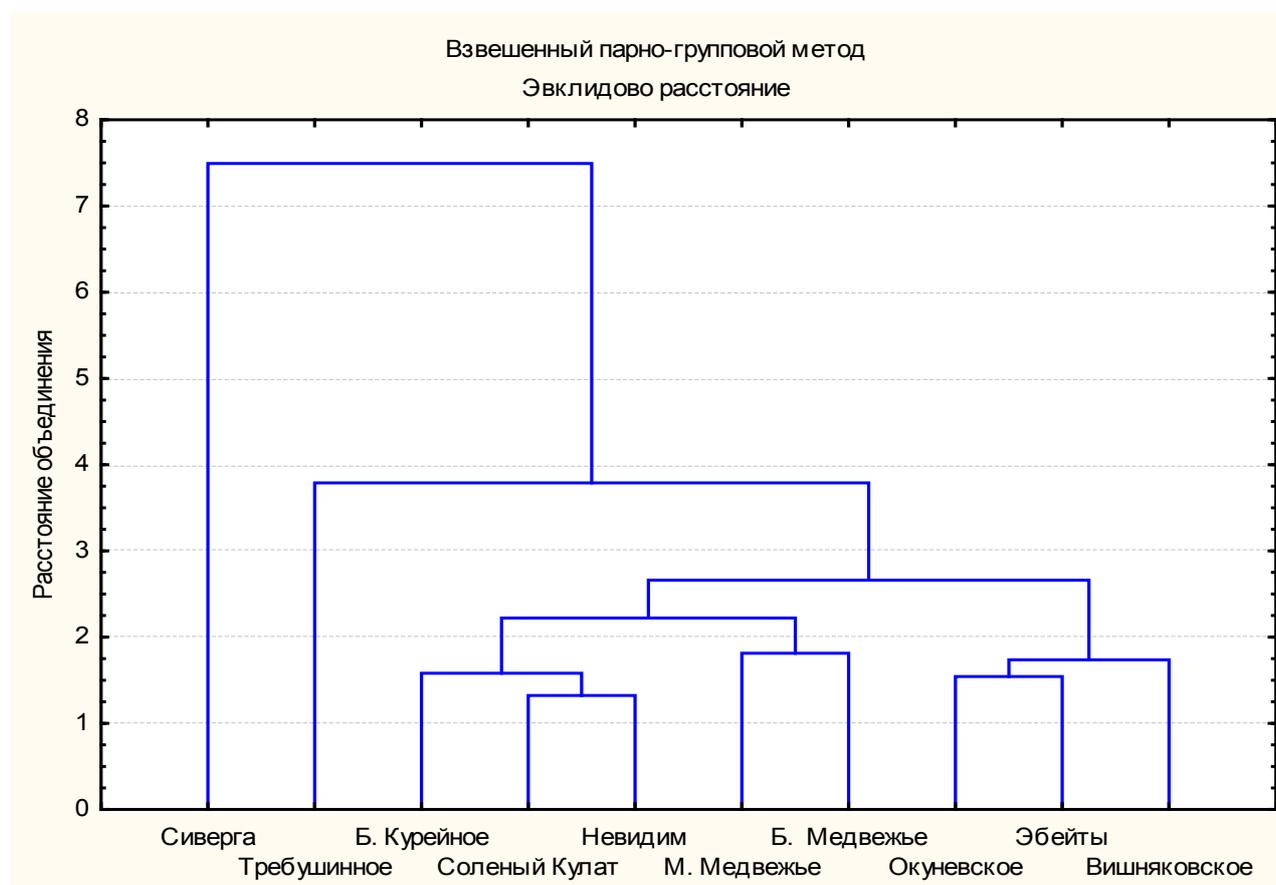


Рисунок 5. Дендрограмма сходства рачков артемии вегетационного сезона 2011 г.

ные популяции рачков дискриминировали две функции. Распределение центроидов на диаграмме происходило, главным образом, согласно минерализации водоемов. В 2008 г. популяции артемии из озер с меньшей минерализацией расположены в нижней части, с большей минерализацией – в верхней части диаграммы. В 2011 г. подобная тенденция не выявлена, однако, можно отметить обособленное расположение низкоминерализованных озёр Сиверга и Требушинное, а также группирование озёр с близкой минерализацией.

Был произведен расчет расстояния Махаланобиса от каждого центра группы [11]. В 2008 г. наименьшее расстояние Махаланобиса обнаружено между популяциями рачков из озёр с близкой минерализацией. Такая же ситуация сложилась и в 2011 г. Расстояние Махаланобиса между рачками из одних и тех же озер, но разных лет исследований оказалось значительно выше.

Таким образом, на основании проведенного дискриминантного анализа выявлена дифференциация изученных популяций артемии. Вероятно, основным дифференцирующим фактором является общая минерализация водоемов, т.е. паратипическая компонента, а не генетические факторы.

Для группирования артемии изученных популяций был проведен кластерный анализ по всем морфометрическим параметрам за два вегетационных сезона (рис. 4, 5). Кластерный метод - это многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы [11]. Анализируя полученные данные, можно отметить, что особенности формирования кластеров за два года исследований отличаются.

В 2008 г. наблюдаем два неравнозначных кластера. Меньший кластер объединил рачков из озёр I и II групп – озёра Сиверга (80 г/л), Б. Курейное (74 г/л) и Требушинное (66 г/л). Средняя минерализация озер данной группы составила 73,3+4,1 г/л при коэффициенте вариации 9,6 %.

Второй кластер разделён на два подкластера. Первый подкластер образован популяциями рачков из озер III группы М. Медвежье (198 г/л), Б. Медвежье (197 г/л) и Эбейты (159 г/л) со средней минерализацией 184,7+12,8 г/л при коэффициенте вариации 12,0 %. Второй подкластер представлен рачками из озер II группы Невидим (130 г/л), Вишняковское (142 г/л) и Окуневское (130 г/л). Средняя минерализация озер данной группы составила 130,0+4,0 г/л при коэффициенте вариации 5,2 %. Рачки из оз. Солёный Кулат (98 г/л) находятся обособленно от выделенных групп, что подтвердило данные дискриминантного анализа.

В 2011 г. можно выделить три кластера. Первый кластер объединил рачков из озёр III и IV групп Вишняковское (319 г/л), Эбейты (247 г/л) и Окуневское (155 г/л). Средняя минерализация данной группы озёр составила 240,3+47,5 г/л при коэффициенте

вариации 34,2 %. Второй кластер объединил озёра IV группы Б. Медвежье (293 г/л) и М. Медвежье (321 г/л), средняя минерализация составила 307,0+14,0 г/л при коэффициенте вариации 6,4 %. Третий кластер состоит из рачков озёр II и III групп Невидим (175 г/л), Солёный Кулат (173 г/л) и Б. Курейное (126 г/л). Средняя минерализация данной группы озёр составила 158,0+16,0 г/л при коэффициенте вариации 17,6 %. Все три кластера объединились в один и к ним примыкают популяции рачков из озёр II группы – оз. Требушинное (125 г/л) и оз. Сиверга (90 г/л).

Можно сделать вывод, что кластеризация рачков исследованных популяций происходила, главным образом, согласно минерализации. Помимо этого, следует отметить некоторое сходство обеих дендрограмм, которое заключается в группировании рачков из озёр Б. Медвежье и М. Медвежье, а также Вишняковское и Окунёвское.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что водность сезона, опосредованно через солёность воды, оказывает существенное влияние на морфометрические параметры рачков артемии в популяции. В более маловодный и засушливый год при высоких показателях минерализации водоемов в 2011 г. артемия характеризовалась достоверно меньшими размерами, при этом изменчивость признаков оказалась выше. Основной дифференцирующей функцией является общая минерализация водоемов. Наибольшее влияние на пропорции тела рачков оказывают хлориды, сульфаты, ионы натрия и калия.

Литература

1. Литвиненко Л.И. Артемия в озерах Западной Сибири / Л.И. Литвиненко, А.И. Литвиненко, Е.Г. Бойко // Новосибирск: Наука, 2009. 304с.
2. Schmankewitsch W.I. über das Verhältniß der *Artemia salina* Miln-Edw. zur *Artemia salina* mulchausenii Miln-Edw. und dem genus *Branchipus* Schaff // Z. wiss. Zool., Suppl. 1875. Bd. 25. P. 103-116.
3. Соловов В.П. Рачок артемия в озерах Западной Сибири: морфология, экология, перспективы хозяйственного использования / В.П. Соловов, Т.Л. Студеникина // Новосибирск: Наука, 1990. 81 с.
4. Pilla E.J.S. Genetic differentiation and speciation in Old World *Artemia*. / E.J.S. Pilla // Ph.P.thesis. University College of Swansea, U.K., 1992. 356 pp.
5. Sorgeloos P. Manual for the culture and use of brine shrimp in aquaculture / P. Sorgeloos, P. Lavens, Ph. Leger, W. Tackaert, D. Versichele // Belgium: Chent universiteit, 1986. 319 p.
6. Чепуркина М.А. Использование метода обогащения науплиусов артемии в осетроводстве / М.А. Чепуркина, Е.А. Гилева, М. Прусиньска, Р. Кольман // Вестник сибирской рыбохозяйственной науки. Тюмень. 2014. Выпуск 4. 10 с.
7. Litvinenko L.I. *Artemia* cyst production in Russia Chinese Journal of Oceanology and Limnology / L.I.

Litvinenko, A.I. Litvinenko, E.G. Boiko, K.V. Kutsanov // 2015. Vol. 33 No. 6, P. 1436-1450.

8. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин // М.: Высшая школа, 1990. 350 с.

9. Бойко Е.Г. Особенности биологии артемии в озерах Урала и Западной Сибири / Е.Г. Бойко, Л.И. Литвиненко, К.В. Куцанов, М.А. Габдуллин // Экология. 2012. № 4. С. 308 - 316

10. Бойко Е.Г. Влияние экологических факторов на рост рачков рода *Artemia* уральских и сибирских популяций / Е.Г. Бойко // Сибирский экологический журнал. 2013. № 3. С. 333-339

11. Боровиков В.П. Популярное введение в программу STATISTICA. / В.П. Боровиков // М.: Компьютер пресс, 1998. 268 с.

Ключевые слова:

Бойко Елена Григорьевна,
e-mail: acadagro@mail.ru;
Литвиненко Людмила Ильинична,
e-mail: acadagro@mail.ru;
Литвиненко Александр Иванович,
e-mail: acadagro@mail.ru

УДК 631.517

СОЗДАНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИОННОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ ОСАДКА ВОДОПОДГОТОВКИ НЯГАНЬСКОЙ ГРЭС И ТОРФА



А.В. Букин,

кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и РП, ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»



А.С. Моторин,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии и РП, ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»



А.В. Игловиков,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии и РП, ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»

Ключевые слова: осадок очистки воды, биологическая рекультивация, почвогрунт, минеральные удобрения, торф, рекультивационная смесь, многолетние травы, тяжелые металлы, плотность сложения, органические удобрения

Keywords: water treatment sludge, biological recultivation, soil, fertilizers, peat, reclamation mixture, perennial grasses, heavy metals, the density of the composition, of organic fertilizer

При производстве электрической и тепловой энергии на ТЭС и ГРЭС в результате подготовки больших объемов воды образуются значительные объемы отходов водоподготовки – шлама физико-химической водоочистки (коагуляции). Ежегодно в зависимости от объемов производства электрической и тепловой энергии образуется от 16 до 20 тысяч тонн такого шлама. Утилизация шламов – сложная экологическая задача, сопряженная с множеством технических и технологических решений.

Осадок, или шлам очистки воды – это продукт известкования и коагуляции природной воды следующего химического состава: CaCO_3 , CaO , MgCO_3 , MgO , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, SiO_2 . Зольность осадка (шлама) может со-

ставлять до 93%, органического углерода до 20%, гуминовых кислот до 12% [1].

В последние десятилетия все больше внимание ученых привлекают крупнотоннажные побочные продукты, в частности, отходы (осадки, шлам) водоподготовки при механической очистке воды. Они представляют собой важнейший источник органических, питательных и биологически активных веществ. Непосредственное удобрение осадками со станций доработки вод является выгодным способом использования этих отходов, если они используются соответствующим образом при определенных природных и производственных условиях. Благодаря экономической выгоде, которую приносит непосредственное