

На правах рукописи



ИВАНОВА ВЕРА ИВАНОВНА

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ГЕНЕЗИС БИОТЫ
ГИПЕРГАЛИННЫХ ВОДОЕМОВ КАЛМЫКИИ

03.02.08 – экология (биология)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Саратов – 2013

Работа выполнена в Калмыцком филиале Государственного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова Россельхозакадемии

Научный руководитель: Бакташева Надежда Мацаковна, доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники и зоологии ФГБОУ ВПО «Калмыцкий государственный университет» (г. Элиста)

Официальные оппоненты: Морозова Елена Евгеньевна, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой начального естественно-математического образования ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» (г. Саратов)

Синичкина Ольга Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры общей биологии, фармакогнозии и ботаники Саратовского государственного медицинского университета имени В.И. Разумовского (г. Саратов)

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет» (г. Астрахань)

Защита состоится 23 мая 2013 г. в 13-00 часов на заседании диссертационного совета Д.212.243.13 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по адресу: 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83; e-mail: biosovet@sgu.ru; факс 8(8452)27-85-29

С диссертацией можно ознакомиться в Зональной научной библиотеке имени В.А. Артисевич ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

Автореферат разослан 19 апреля 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



С.А. Невский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Гипергалинные водоемы на территории Республики Калмыкия (РК) сформировались в условиях резко континентального засушливого климата, незначительных осадков в весенне-летний период, интенсивных суховеев и высокой суммы активных температур. Это реликтовые озера, происхождение которых связано со сменой морского и речного режима во время хвалынской трансгрессии. В биоте этих водоемов единственным представителем фауны является галофильный рачок *Artemia salina* L., а представителями альгофлоры – *Dunaliella salina*, *Nitzschia*, *Navicula*, *Surirella* и др., которые обладают высокой пластичностью и солетолерантностью. Их уникальность проявляется в высокой адаптации к неблагоприятным факторам среды, тогда как другие организмы в подобных условиях не могут существовать. Они играют важную роль в формировании органических веществ лечебных иловосульфидных грязей, обладающих высоким терапевтическим эффектом.

Растительный покров на прилегающей к озерам территории отличается характерной для области сухих степей бедностью флористического состава, преобладанием полукустарничков (полыней), засухоустойчивых и солевыносливых растений. Большими массивами расположены солончаковополынные, солончаковополынно-злаковые, солончаково-полынно-однолетниковые травостои на лугово-каштановых и луговых солончаковых почвах и луговых солонцах. Пырейные и ситниковые травостои на этих же почвах приурочены к понижениям в районе озер и лиманов.

В современных условиях, в связи с увеличением площади солончаков и распространением соленых озер, которые недостаточно изучены, необходимы исследования экологического состояния биоты гипергалинных водоемов и прилегающих к ним ландшафтов, включающие мониторинг водных объектов, проведение полевых исследований и лабораторных опытов. Исследования в этих направлениях имеют не только практическое значение, но и большой теоретический интерес.

Цель и задачи исследования. Основной целью работы являлись оценка современного состояния биоты гипергалинных водоемов Калмыкии и выявление генезиса ее формирования. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучить гидрологические особенности гипергалинных водоемов РК;
- провести исследования флористических комплексов на прилегающих территориях соленых водоемов;
- определить видовой и количественный состав микроводорослей;
- изучить сезонную изменчивость популяций рачка *A. salina* L.

Научная новизна. На территории РК впервые изучены биологические особенности гидробионтов в различных условиях, дана оценка состояния ресурсов гипергалинных водоемов. Определена структура и состав флоры на территории водоемов, отмечены морфологические особенности микроводорослей.

Выявлены особенности сезонной динамики экологической структуры *A. salina* L. Впервые показано определяющее влияние абиотических факторов (температура, осадки, уровень минерализации и т.д.) на формирование биоты гипергалинных водоемов.

Научно-практическая значимость. Полученные данные вносят вклад в изучение биоты гипергалинных водоемов РК. Они могут быть использованы для теоретического исследования флоры и фауны соленых водоемов. Установлены закономерности развития и продукционные характеристики популяции рачка *A. salina* L. Результаты исследований представляют собой оценку состояния запасов цист для определения общих допустимых уловов (ОДУ) и разработки перспектив рационального использования соленых водоемов РК. Полученные результаты существенно дополняют представления об экологическом состоянии и составе биоты оз. Б. Яшалтинское и Джама.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались на: II Международной научной конференции «Биотехнология – охране окружающей среды» (Москва, 2004 г.); III Международной заочной научной конференции «Проблемы сохранения и рационального использования биоразнообразия Прикаспия и сопредельных регионов» (Элиста, 2005 г.); II Международном Конгрессе по восстановительной медицине и реабилитации «Восстановительная медицина и реабилитация (Москва, 2005 г.); IX школы диатомологов России и стран СНГ «Морфология, систематика, онтогенез, экология и биогеография диатомовых водорослей» (Борок, 2005 г.); Научной конференции «Водные экосистемы и организмы – 7» (Москва, 2006 г.); Всероссийской научно-практической конференции «Водные ресурсы и водопользование в бассейнах рек Западного Каспия: перспективы использования, решение проблемы дефицита, мониторинг, предотвращение негативного воздействия» (Элиста, 2008 г.); Международной научно-практической конференции «Мелиорация и водное хозяйство XXI века» (Горки, 2009 г.); VI Международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения и рационального использования биоразнообразия Прикаспия и сопредельных регионов» (Элиста, 2009 г.); Научно-практической конференции I-ых Международных Беккеровских чтениях (Волгоград, 2010 г.); Межрегиональной научно-практической конференции «Водные ресурсы и водопользование в бассейнах рек Западного Каспия: перспективы использования, решение проблемы дефицита, мониторинг, предотвращение негативного воздействия» (Махачкала, 2011 г.); Научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития мелиоративного, лесомелиоративного и водохозяйственного комплексов юга России (Шумаковские чтения)» (Новочеркасск, 2012 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 16 научных работ, из которых 3 в печатных изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК РФ.

Личный вклад автора. Автор лично провел полевые и лабораторные исследования, осуществил сбор материала, провел морфометрические и статистические исследования. Обработка полученных данных, их интерпретация,

оформление проведены автором самостоятельно. Доля участия автора в совместных публикациях составила 70-90%.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 142 страницах, содержит 18 таблиц, 30 рисунков и 6 приложений. Состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы, включающего 245 источников, в том числе 37 иностранных.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Нестабильный гидрологический режим гипергалинных водоемов РК обуславливает значительные сезонные изменения минерализации озерной рапы, колеблющиеся в зависимости от количества осадков, испаряемости и подачи пресной воды.

2. Состав, динамика численности и генезис биоты подвержены флуктуации, зависящей от совокупного действия экологических факторов среды.

3. Биотические факторы формирования кормовой базы рачка *A. salina* L. определяются видовым составом фитопланктона в экстремальных условиях соленых озер Калмыкии.

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность проблемы, определены цель и задачи, охарактеризована научная новизна, научно-практическая значимость, представлены сведения об апробации работы и сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

Глава 1. ОСОБЕННОСТИ ЭКОСИСТЕМ ГИПЕРГАЛИННЫХ ВОДОЕМОВ КАЛМЫКИИ

В главе проведен анализ литературы по изучению гипергалинных водоемов РК и истории их формирования. Рассмотрены основные компоненты биоты, обитающие в соленых водоемах. В условиях континентального климата РК, когда из-за малого количества осадков и высоких температур в летнее время часто повторяются засухи и суховеи, особая роль принадлежит водным ресурсам, и поэтому изучение гидрологического режима водоемов следует считать наиболее важным и актуальным. Вопросы минерализации водоемов РК изложены в работах В.Г. Моложавенко (1977), П.М. Лурье и др. (2001), В.А. Миноранского, Э.Б. Габунщиной (2001), В.С. Бадмаева, Б.С. Убушаева (2005), В.П. Богданова, Н.И. Алексеевского (2006), Л.Н. Ташниновой и др. (2006), О.В. Демкина и др. (2006), Н.Н. Абушиновой (2009) и др. В главе показано, что в водоемах при самых максимальных концентрациях солей обитает группа ультрагалинных организмов, таких как *Dunaliella*, *Asteromonas*, *Ephydra*, *Artemia* и некоторые другие.

Глава 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для данной работы послужили результаты полевых гидробиологических исследований и лабораторных экспериментов, проведенных с 2002 по 2010 гг. на гипергалинных озерах РК. Все материалы обрабатывались в почвенно-аналитической лаборатории Калмыцкого филиала ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии.

Гидрохимический анализ воды проводился по общепринятой методике (Шишкина, 1974). Минерализацию воды ежемесячно измеряли с помощью портативного кондуктометра (Cond 340i), рН с помощью портативного рН-метра (Cond 330i).

Сбор гербарного материала и описание растительности проводились по стандартным методикам (Полевая геоботаника, 1959-1976; Толмачев, 1974; Летняя практика по геоботанике, 1983; Ипатов, 1998, 2000; Полевые методы исследования, 2005; Ипатов, Мирин, 2008 и др.). Название видов приводятся в соответствии со сводкой С.К. Черепанова (1995).

Исходным материалом для количественных и морфометрических исследований послужили половозрелые рачки *A. salina* L. Отбор гидробиологических проб, измерения факторов среды, обработка материала, расчет прогнозируемого объема допустимых уловов цист рачка проводили по стандартным методикам (Киселев, 1956; Жадин, 1960; Методы изучения биогеоценозов..., 1975; Методические рекомендации..., 1983; Хмелева, 1988; Литвиненко, и др., 2002). Характеристика плодовитости самок осуществлялась путем подсчета и измерения их яиц. Подсчет процента выклева цист артемии и определение порога солелерантности для выклева рачков в средах с различной минерализацией осуществлялся по методике Л.И. Литвиненко (2000).

Идентификацию водорослей проводили с использованием светового микроскопа (ЛЮМАМ-И) и сканирующего электронного микроскопа (Hitachi S-405A) на кафедре низших растений биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Подсчет численности видов осуществляли в камере Горяева. Для определения водорослей пользовались «Определителем пресноводных водорослей СССР» (Забелина и др., 1951).

Статистическую обработку материала проводили методами корреляционного, регрессионного, дисперсионного анализа по методике Б.А. Доспехова (1985), с помощью программы STATISTIKA 6.0 процессора электронных таблиц Microsoft Excel XP. Вычисляли среднее значение (\bar{x}), ошибку средней величины ($S \bar{x}$), стандартное отклонение (σ), коэффициент вариации (Cv). Достоверность различий выборок оценивали по критерию Стьюдента (t_{st}) при уровне значимости p равном 0,05.

Глава 3. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Метеорологические условия в годы проведения исследований были различны. Нарастание среднесуточных температур в весенний период происходило очень быстро. Самыми жаркими были 2003 и 2010 гг., температура воздуха была ниже среднемноголетней нормы на 2,8-3,2°C. Среднесуточная температура воздуха в отдельные дни июля поднималась до 40-42°C. Наименьшие значения относительной влажности воздуха отмечены в 2003 и в 2010 гг. – 70-71%, наибольшие значения зафиксированы в 2004 г. – 74%.

Распределение осадков носило неравномерный характер с резкими колебаниями по годам. Среднегодовое количество осадков составляло 490 мм, что по сравнению со среднемноголетними данными на 68 мм больше (рис. 1).

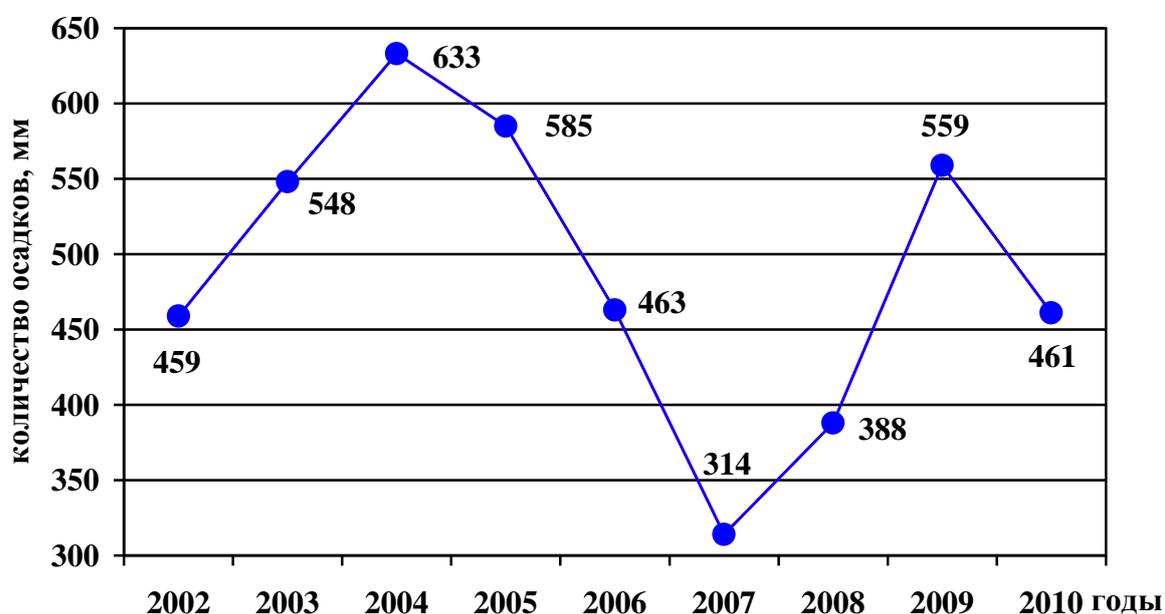


Рис. 1. Распределение осадков по годам в степной зоне РК
(по данным метеостанции Городовиковск)

По обеспеченности атмосферными осадками самым влажным оказался 2004 г. Годовое количество осадков составило 633 мм, что превысило среднемноголетние значения на 210 мм (на 33%). Наиболее неблагоприятным был 2007 г., так как выпало на 26% атмосферных осадков меньше среднемноголетней нормы (314 мм). В целом климат района исследований является резкоконтинентальным, жарким, с недостаточным увлажнением, но с холодной зимой.

Характерной чертой почвенного покрова является его ярко выраженная комплексность, связанная с широким развитием микрорельефа в условиях недостаточного атмосферного увлажнения, где даже незначительные различия в перераспределении осадков оказывают существенное влияние на растительный

покров, солевой режим и процессы гумификации почв. Почвенный покров вокруг соленых озер комплексный. Непосредственно у уреза воды располагаются солончаки луговые, тяжелосуглинистые; почвообразующие и подстилающие породы: засоленные глинистые и тяжелосуглинистые отложения. На крутых и покатых склонах располагаются темно-каштановые солонцеватые среднесмытые почвы и слабосмытые каштановые солонцеватые, среднесуглинистые, почвообразующими и подстилающими породами являются лессовидные средние суглинки.

Оз. Б. Яшалтинское и Джама (рис. 2) по сумме ионов относятся к гипергалинным водоемам Манычской группы Яшалтинского района РК: минерализация воды составляет 143-275 г/л.

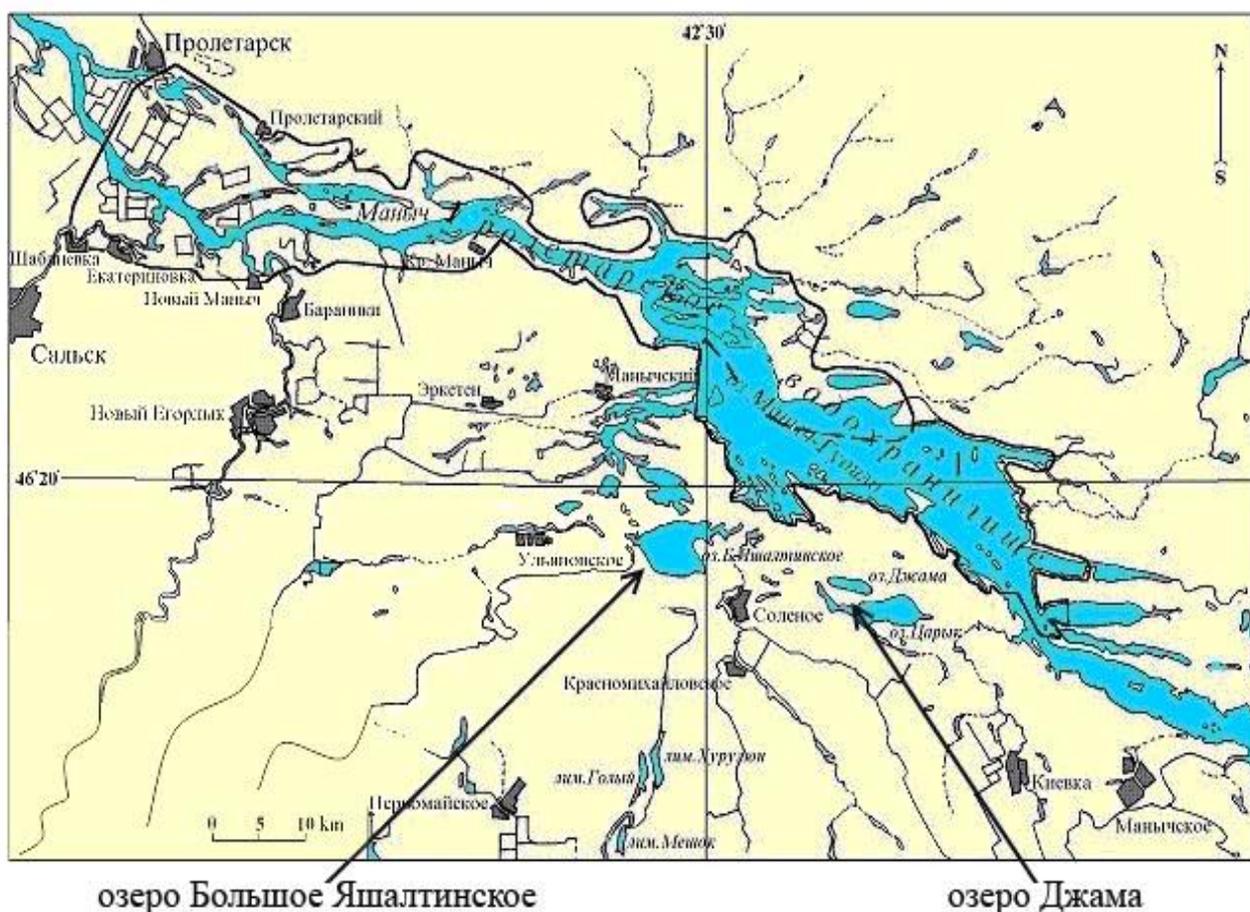


Рис. 2. Озера Манычской группы Яшалтинского района РК

Они представляют собой уникальный географический объект, расположенный в степной зоне республики. Их уникальность проявляется не только в гидрологическом и гидрохимическом режимах, но и в организмах, населяющих их, которые играют важную роль в формировании органических веществ лечебных илово-сульфидных грязей, обладающих высоким терапевтическим эффектом.

Глава 4. ХАРАКТЕРИСТИКА ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕР РК

Нестабильный гидрологический режим озер обуславливает значительные сезонные изменения минерализации и ионно-солевого состава озерной рапы. Минерализация и химический состав озер значительно колеблются по годам и сезонам в зависимости от количества осадков, испаряемости и подачи пресной воды. При этом наименьшая концентрация солей отмечается в весенний период и наибольшая – в конце лета (табл. 1).

Таблица 1. Минерализация воды исследованных водоемов, г/л

Год	оз. Большое Яшалтинское		оз. Джама	
	весна	лето	весна	Лето
2002	191,57	222,95	156,18	207,65
2003	217,23	441,32	178,93	426,31
2004	78,24	80,01	148,21	194,74
2005	84,89	116,12	154,90	166,81
2006	88,21	189,71	165,45	233,00
2007	119,87	214,87	181,00	265,55
2008	115,46	197,76	175,12	204,86
2009	167,37	318,51	164,15	355,00
2010	229,82	405,92	246,08	425,54
$\bar{X} \pm S\bar{x}$	143,63 \pm 19,67	243,02 \pm 40,88	174,45 \pm 9,71	275,50 \pm 33,63
σ	59,02	122,64	29,12	100,88
$C_v, \%$	41,09	50,46	16,70	36,62

Для территории оз. Джама и Б. Яшалтинское, расположенных в подзоне дерновинно-злаковой или сухой степи, характерна типчаково-ковыльная или житняково-типчаково-ковыльная растительность со сравнительно небольшим участием полыни белой (*Artemisia lerchiana* Web. Et Stechm.) и других пустынно-степных видов, наряду с которыми встречаются полынок (*A. austriaca* Jacq.) и другие представители умеренно ксерофитного степного разнотравья и полукустарничков.

Флористические исследования прибрежной зоны гипергалинных водоемов показали, что растительность комплексная и состоит из солеросовых, сарсазановых, сведковых, солянковых, петросимониевых сообществ на солончаках луговых, разнотравно-лебедово-солончаковопопынковых ассоциаций на каштановых солонцеватых и разнотравно-типчаково-попынковых ассоциаций на темно-каштановых солонцеватых почвах. Доминантами сообществ являются солерос европейский (*Salicornia europaea* L. s.l.) и полынь солончаковая (*A. salina* Willd.). Встречаются также ковыль волосовидный, или тырса (*Stipa capillata* L.), житняк гребневидный (*Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv.), овсяница валисская, типчак (*Festuca valesiaca* Gaudin), бескислица расставленная (*Puccinellia*

distans (L.) Parl.) и др. Индикаторами остепнения в целинном состоянии являются дерновинные злаки: тонконог стройный (*Koeleria cristata* (L.) Pers. (*K. gracillis* Pers.)), житняк гребневидный, ковыль украинский (*S. ucrainica* P. Smirn.). Анализ прибрежной растительности реликтовых соленых озер, находящихся в непосредственной близости от кромки воды показал, что на солончаках произрастает пояс солянковой растительности, при продвижении по склону, при изменении почвенного покрова растительность меняется: увеличивается флористическое богатство, улучшается качественный состав растительных сообществ.

В условиях высокой минерализации воды и температурного режима в гипергалинных водоемах сформировалась группа низших организмов, которые обладают высокой пластичностью и способны выдерживать резкие перепады и широкие пределы солености – это микроводоросли, являющиеся основным источником питания артемии. В результате проведенных исследований обнаружено 25 видов, из которых 24 – представители диатомовых (рис. 3), и 1 – зеленых водорослей (*Dunaliella salina* Teod.).

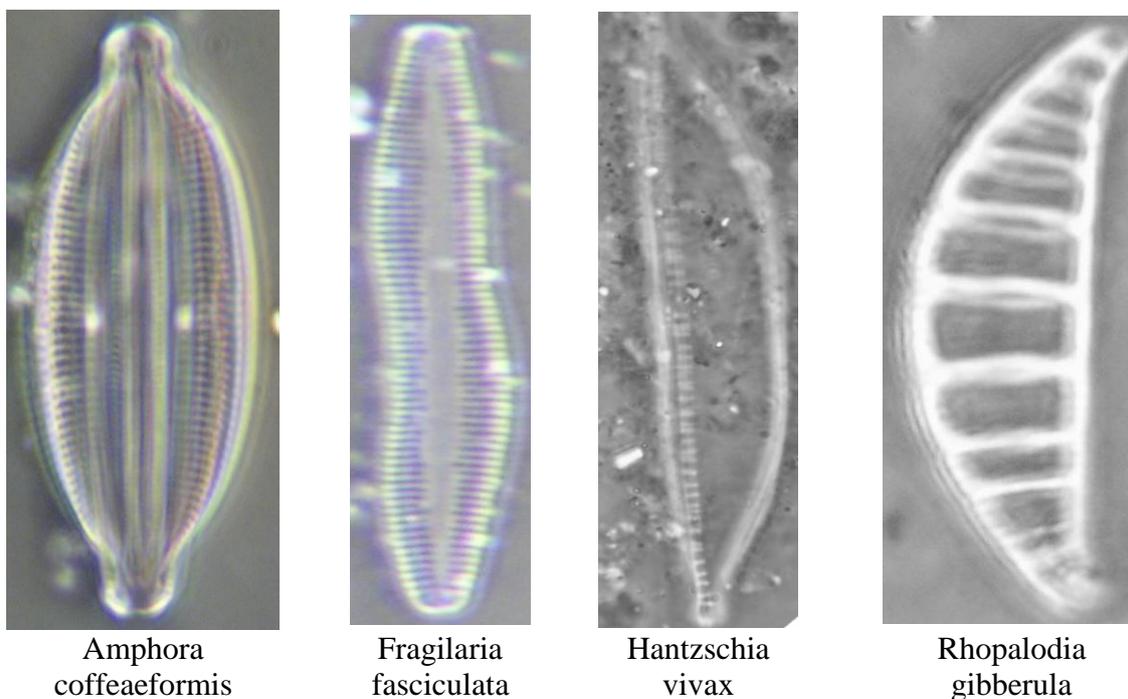


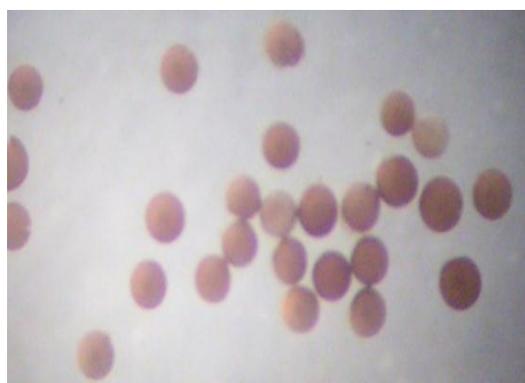
Рис. 3. Диатомовые водоросли (ориг.)

Наибольшее число видов принадлежит роду *Nitzschia*: *Nitzschia* sp., *N. compressa* (Bailey) Boyer, *N. constricta* (Kütz.) Ralfs in Pritch., *N. epithemoides* Grun., *N. hungarica* Grun., *N. pellucida* Grun., *N. pusilla* Grun., *N. scalpeliformis* Grun.. Род *Navicula* представлен тремя видами: *N. lundii* Reinch., *N. phyllepta* Kütz., *N. salinarum* Grun. Из рода *Surirella* в озере отмечено два вида: *S. Brebissonii* Krammer & Lange-Bertalot и *S. Hoefleri* Hust. Остальные роды диатомовых представлены одним видом каждый. В пробах бентоса было зафиксировано наибольшее количество *D. salina*, *Amphora coffeaeformis*, *Fragilaria fasciculata*

(> 100 млн. кл/л каждого), *Cylindrotheca gracilis* и *Entomoneis alata* (до 10 млн. кл/л). Было отмечено деформирование створок *F. fasciculate*, у других видов диатомовых водорослей изменений не наблюдалось. В пробах планктона диатомовые водоросли не достигали высокой численности (не более 10 тыс. кл/л), а численность *D. salina* в течении всего сезона оставалась в пределах 10 млн. кл/л.

Солевой состав воды в озерах в наибольшей степени способствует развитию и размножению артемий. Они были отмечены в оз. Б. Яшалтинское и Джама с минерализацией 80-300 г/л. В озерах с более низкой и высокой степенью минерализации артемии не были обнаружены. В таких озерах рачки артемии в отдельные годы погибают либо в связи с распреснением, либо в связи с высыханием, при этом популяции сохраняются в грунтах озер в виде цист. Сроки прохождения этапов жизненного цикла, продолжительность жизни, длина тела рачков определяются особенностями гидрологического и температурного режимов водоемов.

Развитие артемии из цист начинается в апреле. За теплый период в популяции рачка протекают 2-3 генерации, к осени они отмирают, а диапаузирующие яйца выбрасываются на берег. Продолжительность этапов жизненного цикла и число генераций определяется, с одной стороны, суммой эффективных температур, с другой – особенностями температурного и гидрологического режимов водоемов. В начале вегетационного сезона самки выметывают живые науплиусы или летние яйца, пополняющие численность популяции (рис. 4).



яйца



стадия «парашютиста»



науплиусы



половозрелые рачки

Рис. 4. Жаброногий рачок *A. salina* L. на разных стадиях развития (ориг.)

Глава 5. ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА ГЕНЕЗИС, ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТЬ БИОТЫ В УСЛОВИЯХ КАЛМЫКИИ

Материалом послужили результаты гидробиологических исследований и лабораторных экспериментов, проведенных с 2002 по 2010 гг. на гипергалинных озерах РК. Уровень воды в озерах периодически испытывает сильные колебания. Некоторые озера являются местом временного обитания артемий, рачки в отдельные годы погибают в связи с высыханием, при этом популяции сохраняются в грунтах озер в виде цист.

В обследованном оз. Б. Яшалтинское популяция артемии состояла в основном из самок, самцы были отмечены в единичных экземплярах (2002, 2005, 2009 гг.), их размеры были значительно меньше размеров самок: средняя длина тела составляла 10,9 мм, вес – 3,5 мг. Самки, науплиусы и яйца были обнаружены за весь период наблюдений. Согласно проведенного количественного учета численность цист варьировала от 87,3 до 121,2 тыс. экз./м³, науплиусов – от 9,2 до 29,6 тыс. экз./м³, а количество самок – от 9,1 до 14,3 тыс. экз./м³.

Первые науплиусы за период многолетних исследований были обнаружены в апреле, когда температура воды в озере прогрелась до 20°C. Это свидетельствует о том, что на выклев и рост рачка влияет температурный режим водоема. Половозрелые рачки первой генерации отмечались в конце апреля – начале мая. Развитие первой генерации продолжалось до начала июня. Массовое достижение половой зрелости рачков второй генерации отмечалось в конце июня – начале июля; самки рачка откладывали диапаузирующие яйца и наблюдалось живорождение, что способствовало увеличению численности рачков в озере. Со второй половины июля формировалась третья генерация рачка (рис. 5). В 2003 г. высокое содержание солей негативно отразилось на развитии популяции рачка *A. salina* L., обусловило снижение их численности до единичных экземпляров. Вслед за этим произошла массовая гибель рачка, вызванная неблагоприятными факторами среды – высокой температурой воды (до 35°C) и высокой минерализацией рапы (441 г/л). Отмирание рачка сопровождалось откладкой самками цист и образованием скоплений по берегам озер.

Минерализация воды оказывает влияние на все продукционные процессы. Однако ее действие неоднозначно. Разные диапазоны солености оказывают различное влияние на весь цикл развития артемий: от цисты до взрослой особи. При анализе корреляционных связей между абиотическими и биотическими факторами выявлена достоверная отрицательная связь между минерализацией воды и числом рачков $Y=47,6706-0,0604 \cdot X$ с коэффициентом линейной корреляции $r=-0,30$ в среднем по годам исследований. С ростом солености воды уменьшается численность рачков.

В течение вегетационного периода размерный состав половозрелых рачков артемии в озере колебался от 7,0 до 14,0 мм, при средней длине примерно 10,0 мм. Наиболее крупные самки отмечены в 2002 г. – 18,5 мм, которые являются намного крупнее максимальных размеров сибирской популяции артемии – 12,3 мм (Литвиненко, 2009).

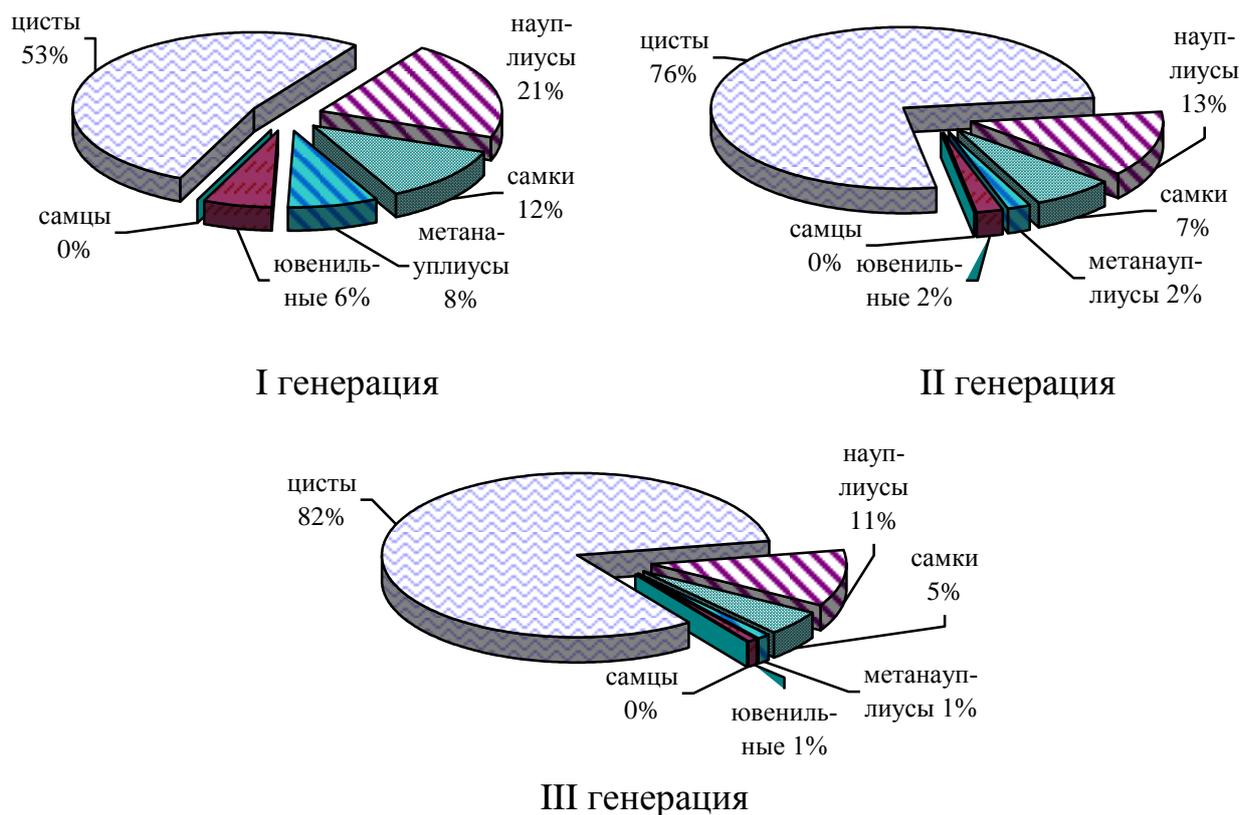


Рис. 5. Структура популяции жаброногого рачка *A. salina* L. в оз. Б. Яшалтинское

Биомасса артемий находилась в пределах 17,39-100,52 мг/м³, лишь в июне 2002 г. наблюдалась рекордная биомасса артемий – 154,27 мг/м³. В 2003 г. уменьшились общая численность (на 80,3%) и биомасса (на 77,2%) рачков по сравнению с предыдущим годом. В дальнейшие годы исследований произошло увеличение общей численности 58,79-61,14 тыс. экз./м³ и биомассы рачка 87,42-91,80 мг/м³ (2004-2005 гг.).

Индивидуальная плодовитость самок артемий варьирует в широких пределах: 3-156 экз. яиц. Средняя плодовитость самок за вегетационный период изменялась в мае – 4,6-53,0 экз. яиц, в июне – 15,1-63,7 экз. яиц, в июле – 7,3-91,5 экз. яиц, в августе – 11,2-74,6 экз. яиц. Плодовитость самок в 2002, 2003, 2010 гг. была ниже показателей 2004 и 2005 гг. на 23-42%. Средние размеры яйцевой сумки самок рачков колебались от 0,70x0,50 до 1,50x1,25 мм. Весенние генерации самок наряду с цистами производили тонкоскорлуповые яйца и науплиусов. Диаметр цист артемий сильно варьировал и находился в пределах от 0,250 до 0,400 мм.

За период исследований в оз. Джама первые науплиусы были зафиксированы в первой декаде апреля. Высокая температура воды в весенний период способствовала быстрому росту рачка. В первой декаде мая уже были отмечены взрослые особи рачка первой генерации, развитие которой продолжалось до начала июня. Сложившиеся условия оказали негативное влияние на развитие второй генерации, что обусловило снижение их численности (рис. 6).

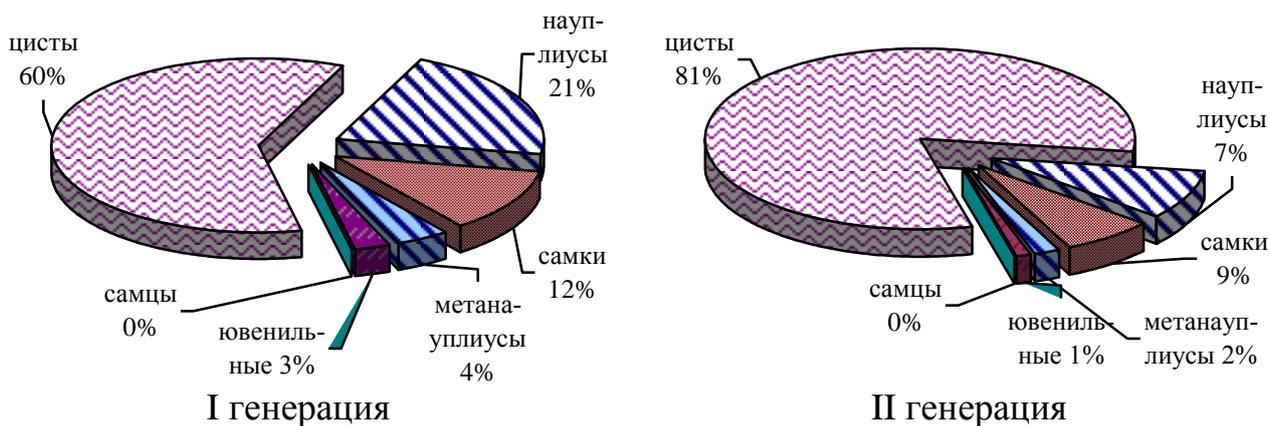


Рис. 6. Структура популяции жаброногого рачка *A. salina* L. в оз. Джама

Численность цист в толще воды в зависимости от минерализации варьирует от 25,7 до 47,5 тыс. экз./м³. Количество вылупившихся науплиусов была в пределах от 4,9 до 8,6 тыс. экз./м³, что на 47-71% меньше по сравнению с численностью науплиусов в оз. Б. Яшалтинское. Как показали исследования, выявлена отрицательная связь средней силы между минерализацией воды и количеством рачков с прямо пропорциональной зависимостью: $Y=34,8934-0,1092 \cdot X$ ($r=-0,55$). Это еще раз подтверждает то, что чем выше минерализация воды, тем меньше количество рачков.

В течение вегетационного периода размерный состав половозрелых рачков в оз. Джама колебался от 7,00 до 12,75 мм, при средней длине примерно 9,50 мм. Наиболее крупные самки отмечены в мае – 16,25 мм, которые на 12% меньше максимальных размеров самок в оз. Б. Яшалтинское.

Наиболее низкими показателями биомассы характеризуются популяции артемии в оз. Джама. Значение биомассы в этом водоеме на 4-6 порядков ниже, чем в оз. Б. Яшалтинское. За период исследований средняя биомасса артемий колебалась от 3,12 до 54,34 г/м³ и составляла в среднем 26,89 г/м³.

Индивидуальная плодовитость самок артемий варьирует в широких пределах: 2-90 экз. яиц. Средняя плодовитость половозрелых самок за вегетационный период изменялась от 9,0 до 45,2 экз. яиц. Средние размеры яйцевой сумки самок рачков колебались от 0,5 x 0,6 до 0,8 x 1,00 мм. Диаметр цист колебался от 0,225 до 0,370 мм ($0,300 \pm 0,03$, $\sigma=0,059$, $Cv=19,77\%$).

Анализ полученных данных показывает, что численность артемий по водоемам различается. В мелководном оз. Джама артемия присутствует с небольшой плотностью, на уровне десятков тыс. экз./м³, что связано с воздействием неустойчивости физико-химического режима, влиянием ветровых волнений, периодическим усыханием и рядом других факторов среды. Наиболее благоприятным для массового развития артемий является оз. Б. Яшалтинское с более устойчивым гидрологическим и гидрохимическим режимом, где численность рачка достигает сотен тыс. экз./м³.

Величины численности фитопланктона и взрослых особей *A. salina* L. в озерах варьировали в зависимости от сезона года, температуры и минерализации воды (табл. 2).

Таблица 2. Среднегодовые показатели численности фитопланктона и рачков *A. salina* L. в соленых водоемах РК

Год	оз. Б. Яшалтинское		оз. Джама	
	фитопланктон, млн. кл./л	<i>A. salina</i> L., тыс. экз./л	фитопланктон, млн. кл./л	<i>A. salina</i> L., тыс. экз./л
2002	12,31	51,28	7,50	20,48
2003	9,23	23,07	6,23	10,05
2004	14,07	61,14	8,79	22,19
2005	13,63	58,79	8,17	23,15
2006	13,55	48,68	7,95	20,94
2007	12,18	45,80	6,38	19,58
2008	13,00	43,66	7,00	18,28
2009	13,16	39,93	7,13	16,48
2010	12,05	26,62	6,56	11,17
$\bar{X} \pm S\bar{x}$	12,58±0,48	44,33±4,32	7,30±0,29	18,04±1,55
σ	1,44	12,97	0,87	4,66
Cv, %	11,42	29,27	11,96	25,83

Средние значения численности фитопланктона оз. Б. Яшалтинское менялись от 9,23 до 14,07 млн. кл./л, в оз. Джама – от 6,23 до 8,79 млн. кл./л. Максимальная плотность фитопланктона наблюдалась в 2004 г., так как этот год был наиболее благоприятным (значения относительной влажности – 74%, количество осадков – 633 мм). В последующие годы исследований происходило постепенное снижение численности фитопланктона.

Методами множественного регрессионного анализа с помощью программного комплекса STATISTICA 6.0 была получена модель линейной зависимости биомассы артемий от минерализации воды и динамики численности фитопланктона в оз. Б. Яшалтинское с коэффициентом корреляции $r=0,42$ (рис. 7, табл. 3). Достоверность модели показывает, что расхождения между фактическими данными и результатами расчета по приведенной модели составляют менее 10%. Анализ эффективности действия каждого фактора, а также их совместного влияния показал следующее: максимальные показатели биомассы рачка в оз. Б. Яшалтинское при минерализации 78,2 г/л составили 91,8 г/м³, в оз. Джама при минерализации 148,2 г/л – 57,7 г/м³. При увеличении минерализации воды происходит снижение численности фитопланктона (6,6-12,1 млн. кл./л) и биомассы артемий (20,7-57,6 г/м³). Проведенный анализ позволяет сделать вывод об оптимальной солености для формирования биомассы артемий в оз. Б. Яшалтинское в пределах от 80 до 200 г/л, в оз. Джама в пределах от 140 до 200 г/л.

Влияние минерализации воды на продукционные характеристики рачка проведены в условиях лабораторного эксперимента с культурой артемий, полученной от цист из соленого оз. Б. Яшалтинское с использованием методики Л.И. Литвиненко и др. (2000). Выклев науплиусов происходит при минерализации воды не выше 80 г/л.

$$Z = 29,4087 + 4,4305 \cdot X - 0,0845 \cdot Y,$$

где Z – биомасса артемий, г/м³;

X – численность фитопланктона, млн. кл./л;

Y – минерализация воды, г/л

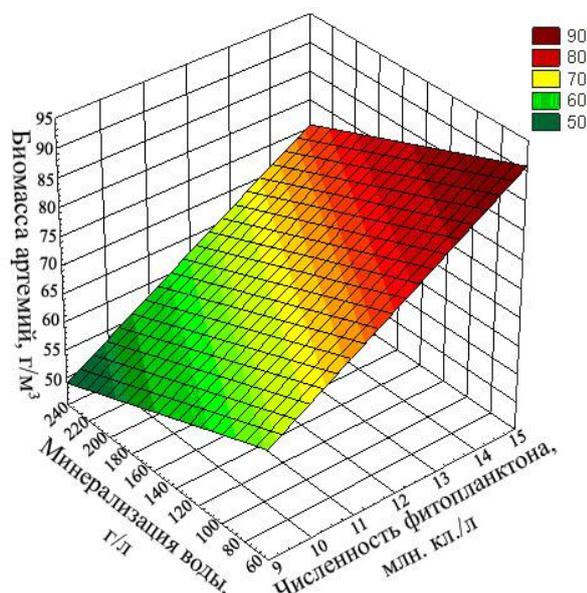


Рис. 7. Зависимость биомассы *A. salina* L. от минерализации воды и численности фитопланктона

Таблица 3. Расхождение фактических и модельных данных биомассы *A. salina* L.

Численность фитопланктона, млн. кл./л	Минерализация воды, г/л	Биомасса артемий, г/м ³		Расхождение, %
		фактическая	расчетная	
12,31	191,57	73,51	67,76	-7,8
9,23	217,23	57,68	60,81	-9,9
14,07	78,24	91,80	85,13	-7,3
13,63	84,89	87,42	82,62	-5,5
13,55	88,21	77,63	81,99	5,6
12,18	119,87	72,07	73,24	1,6
13,00	115,46	77,37	77,25	-0,2
13,16	167,37	67,53	73,57	8,9
12,05	229,82	57,65	63,38	9,9

Самым оптимальным условием для инкубации цист артемий является минерализация 20 и 40 г/л, максимальный процент выклева науплиусов составил 73 и 75% соответственно. Следует отметить, что определяющим фактором для инкубации цист артемий является степень минерализации среды. Корреляция между минерализацией воды и процентом выклева цист артемий выражается прямо пропорциональной зависимостью $Y=39+0,0364 \cdot X$.

Общие запасы цист рачка *A. salina* L. в водоемах определялись на основе гидробиологических исследований: учитывались цисты, находящиеся в толще воды, на дне, в овисаках самок, а также в береговых выбросах. Общий запас цист за годы исследований в оз. Б. Яшалтинское варьировал от 45,2 до 84,0 т, в оз. Джама – от 7,3 до 15,2 т. Прогнозируемый объем возможного вылова цист рачка в оз. Б. Яшалтинское изменялся от 19,5 до 36,3 т, в оз. Джама – от 3,2 до 6,6 т.

Генезис и динамика численности биоты гипергалинных водоемов РК зависит от показателей минерализации воды и метеорологических условий. В целях предотвращения нарушения естественного состояния экосистемы соленых озер в результате распреснения, загрязнения и нерационального использования, губительно влияющих на развитие и жизнедеятельность биоты, необходима разработка комплексных мероприятий по охране и сохранению их водных и биологических ресурсов. Рациональное использование грязей при развитии лечебной инфраструктуры возможно лишь при сохранении оптимальных показателей содержания минеральных и органических компонентов.

ВЫВОДЫ

1. За период исследований 2002-2010 гг. диапазон минерализации воды в оз. Б. Яшалтинское составлял 78-441 г/л, в оз. Джама – 148-426 г/л в зависимости от количества осадков, испаряемости и подачи пресной воды, при этом наименьшая концентрация солей наблюдалась в весенний период, наибольшая – в конце лета.

2. Первичное засоление субстрата и высокая минерализация воды приводит к формированию параллельного экологического ряда почв и растительности, проявляющегося пятнами и полосами индикаторных галофильных видов растений на солончаках и солонцах.

3. Повышенное содержание солей в водоемах обусловило своеобразие видового состава водорослей. Обнаружено 25 видов, из которых 24 – представители диатомовых (род *Nitzschia* – 8; род *Navicula* – 3; род *Surirella* – 2, остальные 11 представлены одним видом каждый) и 1 – зеленых водорослей (*Dunaliella salina* Teod.).

4. В озерах отмечено развитие двух-трех генераций рачка *A. salina* L. Средняя численность разновозрастного рачка за вегетационный период в оз. Б. Яшалтинское – 23,07-61,14 тыс. экз./м³, в оз. Джама – 10,05-23,15 тыс. экз./м³.

5. Морфометрические параметры находятся в определенной корреляционной зависимости друг от друга. Между минерализацией воды и средней длиной тела рачков в оз. Б. Яшалтинское выявлена положительная взаимосвязь средней силы $r=0,64$ ($Y=7,8879+0,0109 \cdot X$), в оз. Джама – $r=0,65$ ($Y=7,9389+0,0089 \cdot X$).

6. Средняя плодовитость самок в оз. Б. Яшалтинское находилась в пределах 46,0-91,5 экз. яиц, в оз. Джама более низкая – 9,0-45,2 экз. яиц. Диаметр цист в среднем составлял 0,300-0,345±0,04 мм.

7. Биомасса артемий (57,7-91,8 г/м³) в гипергалинных озерах РК зависит от минерализации воды (78,2-148,2 г/л) и численности фитопланктона (8,8-14,1 млн. кл./л). Оптимальная соленость для биомассы артемий находится в пределах от 80 до 200 г/л.

8. Общий запас цист рачка *A. salina* L. за годы исследований в оз. Б. Яшалтинское варьировал от 45,2 до 84,0 т, в оз. Джама – от 7,3 до 15,2 т. Прогнозируемый объем допустимых уловов цист артемий в гипергалинных озерах находится в пределах от 3,0 до 40 т, при 40% изъятии квоты.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ
ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

* - публикации в печатных изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК РФ

1. Бамбеева, В.И. Динамика численности популяции жабронога *Artemia salina* L. в весенне-летний период 2003 г. в гипергалинном водоеме Калмыкии (озеро «Большое Яшалтинское») / В.И. Бамбеева // Тез. докл. II Межд. науч. конф. «Биотехнология – охране окружающей среды» III школы-конференции молодых ученых и студентов «Сохранение биоразнообразия и рациональное использование биологических ресурсов». – М.: «Спорт и Культура», 2004 г. – С. 13 (п.л. – 0,09).

*2. Абушинова, Н.Н. Экология и геологическая история формирования лечебных грязей озер Кумо-Манычской впадины, перспективы их использования / Н.Н. Абушинова, В.А. Лазарева, В.И. Бамбеева, В.К. Фролков, Г.Е. Самонина // Геоэкология. – 2005. – № 6. – С. 360-364 (п.л. – 0,40, авторских – 0,20).

3. Анисимова, О.В. Диатомовые водоросли озера Большое Яшалтинское / О.В. Анисимова, В.И. Бамбеева // Тез. докл. IX школы диатомологов России и стран СНГ «Морфология, систематика, онтогенез, экология и биогеография диатомовых водорослей». – Борок, 2005. – С. 23 (п.л. – 0,10, авторских – 0,05).

4. Анисимова, О.В. Водоросли озера Большое Яшалтинское / О.В. Анисимова, В.И. Бамбеева // Мат. III Межд. заоч. науч. конф. «Проблемы сохранения и рационального использования биоразнообразия Прикаспия и сопредельных регионов». – Вып. 2. – Элиста: изд-во КГУ, 2005. – С. 9-10 (п.л. – 0,18, авторских – 0,08).

5. Бамбеева, В.И. Биология жабронога артемия в Большом Яшалтинском озере Калмыкии / В.И. Бамбеева // Мат. III Межд. заоч. науч. конф. «Проблемы сохранения и рационального использования биоразнообразия Прикаспия и сопредельных регионов». – Элиста: изд-во КГУ, 2005. – С. 81 (п.л. – 0,08).

6. Фролков, В.К. О формировании лечебных грязей месторождения Озеро Большое Яшалтинское / В.К. Фролков, О.В. Анисимова, В.И. Бамбеева, Н.Н. Абушинова // Мат. II Межд. конгресса «Восстановительная медицина и реабилитация». – М., 2005. – С. 133 (п.л. – 0,11, авторских – 0,05).

7. Фролков, В.К. Зоопланктон грязевого месторождения Озеро Большое Яшалтинское Республики Калмыкия / В.К. Фролков, В.И. Бамбеева, Н.Н. Абушинова // Мат. II Межд. конгресса «Восстановительная медицина и реабилитация». – М., 2005. – С. 133-134 (п.л. – 0,13, авторских – 0,06).

8. Бамбеева, В.И. Численность и возрастной состав популяции жабронога *Artemia salina* в гипергалинном водоеме Калмыкии в 2002 году / В.И. Бамбеева // Мат. науч. конф. «Водные экосистемы и организмы – 7». – М., 2006. – С. 38 (п.л. – 0,09).

9. Бамбеева, В.И. Влияние популяции *Artemia salina* L. на биологическую очистку воды и формирование лечебных грязей в озере Большое Яшалтинское / В.И. Бамбеева, Н.Н. Абушинова // Мат. Всерос. науч.-практ. конф. «Водные ресурсы и водопользование в бассейнах рек Западного Каспия: перспективы использования, решение проблемы дефицита, мониторинг, предотвращение негативного воздействия». – Элиста, 2008 г. – С. 250-254 (п.л. – 0,25, авторских – 0,19).

*10. Бамбеева, В.И. Комплексная характеристика биоценоза гипергалинного водоема Калмыкии / В.И. Бамбеева, Н.М. Бакташева, Э.Б. Дедова // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». – М., 2009. – №3. – С. 20-24 (п.л. – 0,52, авторских – 0,38).

11. Бамбеева, В.И. Рациональное использование лечебного грязевого месторождения озера Большое Яшалтинское / В.И. Бамбеева // Мат. Межд. науч.-практ. конф. «Мелиорация и водное хозяйство XXI века. Наука и образование». – г. Горки, Беларусь. – 2009 г. (п.л. – 0,35).

12. Бамбеева, В.И. Состояние популяции *Artemia salina* грязевого месторождения Озеро Большое Яшалтинское / В.И. Бамбеева, Н.Н. Абушинова, Н.А. Заренков // Мат. VI межд. науч.-практ. конф. «Проблемы сохранения и рационального использования биоразнообразия Прикаспия и сопредельных регионов». – Элиста, 2009. – С. 60-65 (п.л. – 0,41, авторских – 0,35).

13. ¹Иванова, В.И. Определение процента выклева яиц артемии в условиях лабораторного эксперимента / В.И. Иванова, Н.М. Бакташева // Мат. I межд. науч.-практ. конф. «Беккеровские чтения». – Волгоград, 2010 г. – С. 246-248 (п.л. – 0,40, авторских – 0,32).

14. Иванова, В.И. К методике определения процента выклева яиц артемии в лабораторных условиях / В.И. Иванова // Мат. Межрег. науч.-практ. конф. «Водные ресурсы и водопользование в бассейнах рек Западного Каспия: перспективы использования, решение проблемы дефицита, мониторинг, предотвращение негативного воздействия». – Махачкала, 2011г. – С. 170-173 (п.л. – 0,29).

*15. Иванова, В.И. Влияние экологических факторов на рост и продуктивность артемии в гипергалинных водоемах Калмыкии / В.И. Иванова, Г.Н. Кониева, Н.М. Бакташева // Естественные науки. – 2012. – № 3. – С. 51-55 (п.л. – 0,25, авторских – 0,19).

16. Иванова, В.И. Современное состояние солёных водоёмов Калмыкии / В.И. Иванова // Материалы науч.-практ. конф. «Современное состояние и перспективы развития мелиоративного, лесомелиоративного и водохозяйственного комплексов юга России (Шумаковские чтения)». – Новочеркасск: «Лик», 2012. – С. 165-169 (п.л. – 0,25).

¹ В 2009 году автор изменила фамилию с Бамбеевой на Иванову.

Подписано в печать 16.04.2013. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Times New Roman. Печать цифровая.
Объем 1,25 печ. л. Тираж 100 экз.

Калмыцкий филиал ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии
358011, г. Элиста, пл. Городовикова, 1