

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РОССИИ

ФГБОУ ВО «ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБНУ «ПРИКАСПИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
АРИДНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ»

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

Волгоград
Волгоградский ГАУ
2017

УДК
ББК

Под научной редакцией член-корреспондента РАН
А.С. Овчинникова

Экологические аспекты природопользования Северного Прикаспия: Книга / Сост. А.С. Овчинников, В.П. Зволинский, В.Ф. Зайцев, Н.И. Матвеева, - Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ – 2017. – 396 с.

ISBN

Книга содержит научные материалы подготовленные учеными ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия», в которых предпринята попытка изложить экологические аспекты природопользования Северного Прикаспия, направленных на изучение содержания тяжелых металлов в донных отложениях, что даст возможность оценить трофические условия и состояние популяций бентосных организмов; определение уровня содержания и особенности накопления некоторых тяжелых металлов в почвах и растениях в условиях городской среды г. Астрахани; изучение малых водоемов в контексте общего увеличения научного интереса к водным объектам в связи с их чувствительностью к внешним воздействиям, высокой уязвимостью и большим значением в жизни человека; вопросы воспроизводства и регулирования численности рыбных запасов, изучение болезней рыб, их гибели, вызываемой как экзогенными, так и эндогенными факторами; преимущество выращивания австралийских раков как товарной продукции. Данные материалы могут служить, как в научных, так и в образовательных целях при подготовке кадров в учебных заведениях по вопросам экологии, сохранения и развития окружающей природной среды.

УДК
ББК

ISBN

© ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2017
© ФГБНУ Прикаспийский НИИ
аридного земледелия, 2017
© Авторы, 2017

УДК

**ИЗУЧЕНИЕ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА
АВСТРАЛИЙСКОГО РАКА
CHERAX GUADRICARINATUS,
КУЛЬТИВИРУЕМОГО В АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

В.П. Зволинский, академик РАН, научный руководитель,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия»

В.Ф. Зайцев, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор ФГБОУ ВО АГТУ

В.Н. Крючков, д.б.н., профессор ФГБОУ ВО АГТУ

И.В. Волкова, д.б.н., профессор ФГБОУ ВО АГТУ

Н.И. Матвеева, к.п.н., заведующая научно-организационным отделом
ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт
аридного земледелия»

Г.Е. Исамбекова, студентка ФГБОУ ВО АГТУ

Аннотация. Особой популярностью в разных странах пользуется деликатесная продукция ракообразных. Производство пресноводной ракообразной продукции, обеспечивающей получение максимальной прибыли, определяется общим развитием аквакультуры, как сектора экономики страны. Австралийский красноклешневый рак обладает отменными потребительскими качествами, доля мяса (30% от массы тела) превышает аналогичные показатели (15-20%) длиннопалого рака. Высокий темп роста позволяет ему дорасти до товарной массы всего за три месяца выращивания (Нгуен Т.Т., Крючков В.Н., 2014).

Технология искусственного разведения австралийских раков сдерживается недостаточным уровнем изученности биологии и адаптивных возможностей этих гидробионтов. Для ракообразных определены следующие стресс – факторы: колебания температуры, недостаток кислорода, плотность посадки и другие. Эти факторы, прежде всего, вызывают изменения внутренней среды организма животных. Однако механизм воздействия этих факторов на организм речных раков остается не изученным (Борисов Р.Р., Лебедев Р.О., 2007).

Результаты, представленные в данной статье, позволяют выявить ряд закономерностей устойчивости *Cherax quadricarinatus* к экстремальным факторам, которые могут быть применены при

исследовании процессов размножения раков в природной среде, при оценке и прогнозе численности их естественных популяций. Кроме того, результаты работы могут быть востребованы специалистами, занимающимися усовершенствованием технологий культивирования десятиногих раков в искусственных условиях.

Ключевые слова: хитиновый панцирь, зоопланктон, биотолерантные температуры, гидробионты, фотосинтез, гипоксия, аэрация воды.

Введение. До недавнего времени лидерами в такой области пресноводной аквакультуры, как выращивание раков, считались Америка, Австралия, северные страны Европы. Однако в последнее десятилетие, благодаря системному подходу, наблюдается также прорыв в производстве ракообразных и во внутренних водоемах Китая (Лагуткина Л.Ю., Пономарев С.В., 2008).

По результатам многолетнего мирового опыта созданы основные типовые рекомендации по аквакультуре раков, базирующиеся на биологических характеристиках выращиваемых объектов. В последнее время широкую известность в мире получил такой объект тепловодной аквакультуры, как австралийский красноклешневый рак (лат. – *Cheax quadricarinatus*).

С 1980-х годов этот вид начали выращивать в аквакультуре, в результате чего он стал распространяться не только по Австралии, но и в других странах мира, в некоторых случаях став инвазийным видом. В России эти виды ракообразных появились сначала благодаря аквариумистам, однако вскоре стали объектом экспериментального товарного выращивания (Лагуткина Л.Ю., Пономарев С.В., 2010).

Целью данной работы является оценка влияния факторов среды на австралийских раков при культивировании в Астраханской области.

При проведении исследований были поставлены следующие **задачи:**

1. Изучить влияние температурного режима на рост и выживаемость молоди австралийских раков
2. Оценить влияние дефицита кислорода на австралийских раков при искусственном культивировании
3. Исследовать толерантность австралийского рака к воздействию соединений азота.

Особенности биологии австралийского рака *Cherax quadricarinatus*. Систематическое положение, внешний вид, распространение.

Австралийский красноклешневый рак (*Cherax quadricarinatus*) относится к семейству *Parastacidae*, отряд десятиногие ракообразные *Decapoda*. Места обитания этого рака - реки Квинсленда и Северной Территории Австралии, известных как изолированные тропические территории. Также *Cheгах quadricarinatus* обитает в реках на острове Новая Гвинея (Лагуткина Л.Ю., Пономарев С.В., 2008).

Cherax quadricarinatus помимо Австралии является объектом аквакультуры в Турции и Израиле, кроме того, интродуцирован в водоемы Южной Африки, Мексики, Ямайки, Пуэрто-Рико, Замбии и Сингапура, где создал дикие популяции. Данные раки являются весьма востребованным продуктом, обладающим прекрасными вкусовыми качествами. Они обладают относительно неагрессивными поведенческими чертами и весьма высокой плодовитостью и, как следствие, могут культивироваться в больших количествах в неволе.

Отличительная черта рака – яркая окраска, типичная для тропических видов, которая колеблется от темно-коричневого до сине – зеленого. Взрослые самцы имеют заметные красные полосы на внешних краях клешней, давшие название животным. Раки способны достигать веса 600 г и длины 40 см. Самки меньше самцов. До наступления половой зрелости проходит от 6 до 12 мес. В оптимальных условиях выращивания. Самки производят от 300 до 800 икринок. Инкубационный период занимает около шести недель. Продолжительность жизни раков – 5 лет. Австралийские красноклешневые раки демонстрируют достаточно быстрый темп роста – за 6 мес. Они способны достичь товарной массы 50-60 г (Валиев М.С., 2016).

Тело австралийского синего рака состоит из трех частей: головогруды, на которой располагаются ходильные ноги, клешни, ногочелюсти, рот, глаза и усики; брюшко с пасоподами (плавательные ноги) и хвостом, состоящим из расходящихся веером пластин. Ходильные ноги служат для передвижения рака по дну, ногочелюсти – для захвата пищи и доставки ее ко рту, а клешни рак использует для рытья нор, перемещения грунта и разных предметов, а также для самозащиты. Тело австралийского красноклешневого рака покрыто твердым покровом – хитиновым панцирем, предохраняющим животное от повреждений.

Естественное распространение этого вида ограничено тропическим и субтропическим климатом. *C. Quadricarinatus* является родным для рек северо-западного Квинсленда и северной и восточной частей Северной территории Австралии и водосборов юго-восточной Папуа-Новой Гвинеи. Этот вид оставался неизвестным остальной части Австралии до конца 1980-х годов, когда начался интерес к его аквакультуре (Lawrence C., Jones C., 2002).

Биология и экология австралийского рака. Исследования, проводимые по репродуктивной биологии *C. quadricarinatus* были, в основном, направлены на оптимизацию производства товарного выращивания раков. Например, Нгуен Т.Т. и Крючков В.Н. (2013) показали, что семенники начинают формироваться в возрасте 40-45 дней, а у самок развитие яичников начинало немного позднее, в возрасте 45-50 дней. Морфологический пол можно определить на 30 сутки.

Нгуен Т.Т. и Крючков В.Н. (2014) также изучали влияние температуры на развитие гонад австралийских раков, и показали, что размер женских половых клеток достигает наибольшего значения при высокой температуре ($30\pm 1^{\circ}\text{C}$). Под действием высокой температуры происходит активация транспорта трофических веществ через мембрану клеток. Гонады самцов были хорошо развиты при оптимальной температуре $27\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Barki et al. (2006) сравнивали ежегодный нерест и линьку в лабораторных группах при соотношении полов 1:4 при постоянной температуре ($26-28^{\circ}\text{C}$). Самки давали потомство три раза и линяли дважды в год.

Большинство нереста происходило весной и летом, а линька – в основном после сезона размножения, а также между нерестилищами.

Физиологические исследования в основном были сосредоточены на размножении и его эндокринной регуляции (например, Khalaila et al., 2001; Shechter et al., 2015). Например, роль андрогенной железы в развитии половых признаков и физиологии репродуктивной системы была исследована путем имплантации гипертрофированных андрогенных желез (AG) в незрелых самок животных (Khalaila et al., 2001). Подавляющее большинство женских особей с имплантатами AG развивали красные пятна, характерные для самцов этого вида. Развитие женских вторичных половых признаков, таких как более широкое брюшко, было подавлено. В конце эксперимента яичники у самок, имплантированных AG, содержали в основном небольшое количество ооцитов на ранней стадии желтка.

В физиологических исследованиях изучалась динамика переноса кальция в переходных отложениях кальция (гастролиты) и кутикуле в течение линьки (Shechter et al., 2008), а также активность пищеварительных ферментов (протеазы, карбогидразы и липаза) (Figueiredo et al., 2001) и инсулиноподобных факторов роста (Richardson et al., 1994).

C. quadricarinatus всеяден, но при товарном выращивании хорошо растет на диетах с высокой долей дешевого растительного материала (Lawrence C., 2002).

Оптимальным кормом для молоди является зоопланктон. Они обладают множеством пищеварительных ферментов, которые позволяют переваривать широкий спектр органических веществ животного и растительного происхождения (Figueiredo et al., 2001).

Австралийский рак не требователен к качеству воды, может обитать в широком диапазоне температур. Более 70% роста взрослых раков произрастают в диапазоне 23-31 °С. Максимальная скорость роста молоди происходит, когда температура составляет около 30 °С, и рост прекращается, когда температура падает до 15 °С или поднимается до 35 °С; Их температурный диапазон от 22 °С до 32 °С (King C., 1994). Летальные пределы около 9-10 °С и 34-35 °С. Воспроизведение возможно только при температуре воды выше 23 °С.

Выживаемость *C. quadricarinatus* в глиняных прудах при температуре окружающей среды зимой изучалась в умеренной зоне в центральной прибрежной равнине Израиля (Karplus et al., 2003). Несмотря на то, что минимальные дневные температуры ниже 10 °С были зарегистрированы на 6-й день, общая выживаемость составила 60%, а изменение массы было минимальным. Он может выдерживать короткие периоды воздействия низких температур (5 °С).

Австралийский рак способен выжить в условиях очень низкого содержания растворенного кислорода (1 ppm). Если растворенный кислород в воде пруда опустится ниже 1 ppm, рак переместится к краю пруда, где уровни кислорода, как правило, выше.

Liane S. et al. (2010) исследовали показатели выживаемости молоди австралийского рака под воздействием различных концентраций аммиака, нитрита и нитрата. Относительный диапазон устойчивости раков к этим веществам сходны с данными, приведенными для других видов ракообразных. Смертельных случаев не наблюдалось у раков, подвергшихся воздействию общей концентрации аммиака до 25 мг/л, концентрации нитрита до 10 мг /л и концентрации нитрата до 1000 мг/л. Раки, подвергшиеся воздействию 50, 100 и 200 мг/л общих концентраций аммиака, выживали в среднем 40, 36 и 14 ч соответственно. Раки, подвергшиеся воздействию концентраций нитритов 25, 50 и 100 мг/л, выживали в среднем 96, 22 и 5 часов, соответственно.

Manor R. et al. (2002) выявили, что австралийский рак, собранный из аквакультурного пруда, зараженного цветением цианобактерии *Cylindrospermopsis raciborskii*, как было показано, накапливает токсический алкалоид цилиндропермопсин. Пробы воды из пруда, собранные во время цветения, содержали 589 мкг /л токсина, а раки из пруда содержали цилиндрический пермопсин в

концентрациях 4,3 мкг на г высушенной ткани гепатопанкреазы и 0,9 мкг на г высушенной мышечной ткани. Трихомы *C. raciborskii* были обнаружены в кишечном содержимом раков, собранных во время цветения цианобактерий, что указывает на то, что наиболее вероятным механизмом накопления токсина является поглощение цианобактериальных клеток.

Культивирование австралийского рака. Многие адаптации *Cherax quadricarinatus* к обитанию в природных условиях, являются благоприятными для культивирования этого вида в аквакультуре (FAO, 2013).

- отсутствует личиночная стадия развития;
 - можно использовать корма с низким содержанием белка;
 - при благоприятных условиях достигает товарного размера за девять месяцев (с момента выхода из икры);
 - простая биотехника культивирования;
 - не требователен ко многим показателям качества воды.
- Терпимо относится к снижению концентрации растворенного кислорода, значительным изменениям pH в течение суток, низкой щелочности, колебаниям температуры;
- выдерживает соленость воды до 5 ‰ на протяжении неопределенного времени, и до 15 ‰ в течение нескольких дней;
 - не занимается активным строительством нор, тогда как разрушительное воздействие строительной деятельности некоторых видов речных раков является серьезной проблемой;
 - не агрессивны – каннибализм является не столь существенной проблемой, как при выращивании некоторых других ракообразных;
 - возможна длительная транспортировка без воды;
 - при подготовке к транспортировке и продаже можно содержать при высоких плотностях посадки;
 - плотные покровы позволяют легко переносить механические воздействия при транспортировке;
 - высокие вкусовые качества (позиционируется на рынке в качестве деликатесного продукта);
 - небольшое количество зарегистрированных заболеваний;
 - внешний вид и миролюбивый характер позволяют использовать данный вид в качестве объекта аквариумистики.

Вместе с тем, следует учитывать особенности биологии *Cherax quadricarinatus*, которые могут быть причинами возникновения определенных проблем и сложностей при его культивировании:

- высокие значения оптимальных температур содержания, при которых наблюдается активный рост особей;

- чувствительность к низким температурам;
- значительное торможение скорости роста и угнетение части особей при использовании высоких значений плотности посадки при культивировании;
- относительная невысокая плодовитость, что делает необходимым для получения посадочного материала содержания большого маточного стада;
- большие затраты кормов и низкая скорость роста особей в бассейновых системах.

Параметры среды при культивировании. Как отмечалось выше, *Cherax quadricarinatus* не требователен ко многим показателям качества воды. Однако для достижения максимальной эффективности культивирования необходимо контролировать и регулировать условия среды, в которых выращиваются раки. Необходим ежедневный мониторинг показателей качества воды: температуры, pH, концентрации растворенного кислорода, прозрачности (по диску Секки), жесткости воды, щелочности, концентрации аммонийного азота, нитритов и нитратов. Важно, чтобы измерения параметров производились как у поверхности водоема, так и у его дна.

При культивировании *Cherax quadricarinatus* вода должна соответствовать следующим параметрам: содержание растворенного кислорода > 4 мг/л; pH – 6,5-8; жесткость воды > 40 ppm; низкий уровень минерализации (<5 ‰) и содержания металлов (таких как железо и марганец < 0,1 мг/л) (FAO, 2013).

Большую опасность для раков представляют даже ничтожные концентрации соединений меди в воде. На случай изменения параметров воды и выхода их за пределы оптимального диапазона должен быть разработан план мероприятий по корректировке необходимых параметров, например, установка дополнительной аэрации, промывка прудов или бассейнов для культивирования чистой воды.

Важной характеристикой при культивировании является температура воды. Оптимальным для культивирования является диапазон температур 25-30 °C. При этих значениях наблюдаются максимальные скорости развития икры, роста молоди и активное размножения. Летальными для вида являются температуры ниже 10 °C и выше 36 °C. Однако следует учитывать, что уже при температурах ниже 20 °C происходит значительное снижение активности, скорости роста и устойчивости особей к болезням. Для молоди критической является температура ниже 20 °C и выше 32-34 °C. Развитие икры происходит в еще более узком температурном диапазоне и проблемы с развитием могут наблюдаться уже при температуре ниже 21-22 °C (Борисов Р.Р. с соавт., 2013).

Соотношение самцов и самок при проведении работ по воспроизводству колеблется от 1:1 до 1:4. Температура содержания влияет на синхронность и интенсивность половой активности, продолжительность инкубационного периода и последующую скорость роста молоди. При температуре 25 – 26 °C раки способны размножаться в течение всего года (Yeh, H.S. & Rouse D.B., 1995).

Оптимальной температурой для нереста и развития икры является диапазон 25 – 28 °C (Vazquez F.J., Lopez L.S., 2007).

Рекомендуемое соотношение светлого и темного времени суток при этом составляет 12 на 12 ч или 14 на 10 ч (Karplus, I., 2003).

Методы культивирования. В настоящее время разведение красноклешневых раков занимаются во многих странах мира. Кроме Австралии, Мексики и США растёт интерес к этому виду в России, Китае, Панаме и других странах. В каждой стране разработана своя технология производства раков, но основные требования такие: наличие водоемов с малозаиленным глинистым дном и водой, поддержание постоянного летнего температурного и гидрохимического режима. Для разведения раков можно использовать специализированные, фермерские, а также небольшие частные и приусадебные участки, на которых имеются водоемы.

По сведениям Р. J. Gutierrez-Yurrita (2005) и С. С. Belle, D.C.J. Yeo (2010) существует два типа хозяйств по разведению раков – прудовой и заводской. *Cherax quadricarinatus* не требователен к качеству воды: активная реакция в пределах pH 6,5 – 8,5, жесткость от 5 до 20, низкая соленость (<5‰), концентрация железа и марганца менее 0,1 мг/л (Jones C.M. et al., 1998).

Оптимальная температура воды при содержании 26 – 28 °C. Лимитирующий фактор содержания - понижение температуры ниже 10 °C и превышение выше 36 °C. В отличие от креветок, австралийский рак может выживать при низком содержании кислорода и высоком содержании нитратов. Оптимальные параметры для содержания при условии высокого темпа роста – pH 8, жесткость 5 – 15, температура воды – 28°C, кислород – 7 мг/л. При создании условий для размножения температура воды должна составлять 28°C, освещенность 14/10 (день – 14 часов, ночь – 10 часов) (Wingfield, 2002; Лагуткина Л.Ю., Понамареv С.В., 2010).

Известно, что при прудовом способе выращивания заготавливают производителей и молодей раков в естественных водоемах. Это способ лишь применяется в странах с тропическим климатом. Производителей выращивают и формируют непосредственно в прудах в течение летних месяцев, когда температура воды более 25 °C (Karplus et al., 2003; Barki et al., 2006).

Крупные самки дают потомство лучшего качества, чем мелкие, - в первом случае крупнее икра и выше выживаемость личинок. Поэтому для маточного стада рекомендуется отбирать самок массой не менее 150 г из прудов товарного выращивания. Лучшие самцы – производители крупные, имеющие большие клешни с красным когтем. Оптимальное отношение самок и самцов в маточном стаде – 4:1 с плотностью 1500 экз./га. В исследовании Jones et al. (1998), McPhee et al. (2004), было показано, что в зависимости температуры воды и характеристики самок маточного стада ювенильные особи достигают необходимого размера от 5 до 15 гр. в 3 – 4 месяца. В хорошем условии организаций из одного маточного стада образованы 50 – 100 ювенильных раков, т.е. за 3 – 4 месяца дает урожай 60000 – 120000 экз. ювенильных особей/га. После достижения необходимого размера рачков помещают в пруды товарного выращивания.

Заводская технологии выращивания была проведена в использовании аппарата Вейса P. J. Gutierrez-Yurrita (2005), С. В. Пономаревым с соавт. (2007) и С. С. Belle, D.C.J. Yeo (2010), Y. Zhao et al. (2000) и другими авторами. По этой технологии при достижении эмбрионами стадии «глазка» или «пульсации сердца» икру снимают с плеаподов самок пинцетами и помещают в аппараты Вейса. В один аппарат Вейса вместимостью 8 л загружают 12 – 15 тыс. личинок. После преодоления второй линьки вылуплявшихся рачков еще два-три дня выдерживают в бассейне, затем, по мере необходимости, их просчитывают объемным методом и реализуют. Личинки выпускают в выростной пруд, предварительно уравнив температуру воды в транспортировочной емкости с температурой воды водоема вселения (Gutierrez-Yurrita P.J., 2005; Belle C.C., Yeo D.C.J., 2010).

Экстремальные факторы среды. Изменение химического состава воды прудов. Органические и неорганические соединения характеризуют так называемый солевой состав воды, подверженный изменениям под влиянием стока грунтовых вод, количество и качество которых меняется в зависимости от осадков, качества почвы пруда и климатических факторов. Существенные изменения в солевом составе происходят в результате хозяйственной деятельности человека: постройка плотин, забор воды из рек для промышленных целей и орошения, распахивание или облесение водосборных площадей, осушение болот, разработка торфа и т. п.

Обычно химический состав воды изменяется под влиянием гидрологических факторов на водосборной площади довольно медленно, на протяжении десятилетий.

Существенные изменения химического состава воды в прудах вызывают стоки поверхностных грунтовых (не ключевых) вод. Эти изменения происходят не только в летних, но и в зимовальных прудах, в особенности устроенных с углублением в грунт. При таких условиях дренирующий поверхностный слой грунта снимается, и грунтовые воды стекают в зимовальник (Александрова Е.Н. с соавт., 2004).

При отсутствии достаточного притока воды изменения солевого состава в копаных зимовальниках могут быть настолько значительны, что исключают возможность зимования в них раков.

Интенсивность развития микроорганизмов (бактерий и микроскопических водорослей) обуславливают растворенные в воде газы: свободная углекислота и кислород. Свободная углекислота, растворенная в воде, имеет большое значение в развитии растительных организмов: она переводит нерастворимые соли щелочноземельных металлов – кальция и магния – в растворимое состояние и является основным источником углерода для построения тканей растительных организмов. Ассимиляция углерода и выделение кислорода в воду совершается через низшие водоросли, содержащие хлорофилл (Александрова Е.Н. с соавт., 2005).

Низшие водные зеленые растения при дневном свете ассимилируют углекислоту, извлекают из нее углерод на построение тканей организма и выделяют кислород. Этот процесс, называемый фотосинтезом, без углекислоты невозможен.

При сильном развитии водорослей, ночью, когда фотосинтез прекращается, свободная углекислота накапливается в большом количестве; днем, когда фотосинтетическая деятельность водорослей возобновляется, количество свободной углекислоты в воде уменьшается, а нередко она истощается полностью.

Значительным источником углекислоты является воздух атмосферы, из которого вода может поглощать 0,3–0,5 мл свободной углекислоты на 1 л воды. В летнее время большое количество углекислоты выделяется в результате разложения органических веществ в воде и особенно в почве. Содержание углекислоты в воде рассматривается как косвенный показатель ее качества. Значительное количество углекислоты свидетельствует об интенсивности окислительных процессов, происходящих в воде. Отрицательное влияние на раков углекислота оказывает лишь при малом содержании в воде кислорода (Борисов Р.Р., Тертицкая А.Г., 2005).

Кислород, растворенный в воде, потребляют все водные организмы, начиная с аэробных бактерий, мельчайших водных растительных и животных организмов и кончая раками.

Источником кислорода в воде являются: 1) воздух атмосферы, из которого кислород поступает путем диффузии; 2) выделение кислорода низшими водорослями в результате фотосинтетической деятельности, которая в летнее время служит основным источником кислорода в воде прудов (Загускин С.Л. с соавт., 2007).

Наибольшее количество кислорода содержится в поверхностном слое воды, так как здесь происходит постоянное соприкосновение ее с воздухом и скапливается наибольшее количество водорослей. В придонных слоях воды количество кислорода значительно меньше. Объясняется это тем, что проникновение кислорода путем диффузии в нижние слои воды совершается очень медленно. В летнее время малое содержание кислорода в придонных слоях объясняется потреблением его аэробными микроорганизмами, разлагающими и минерализующими органические вещества. Растворимость кислорода в воде снижается по мере повышения температуры, а потребление его организмами с повышением температуры увеличивается.

Большинство организмов, входящих в состав планктона и бентоса, нормально развиваются при содержании кислорода в воде не менее 2 мл/л. С понижением содержания кислорода в воде падает жизнедеятельность организмов: количество потребляемой пищи уменьшается, а если количество кислорода станет ниже 0,5 мл/л, для многих организмов, живущих в воде, наступает смерть.

Усиление круговорота веществ может быть достигнуто созданием в почве или органическом или благоприятных условий для развития нитрифицирующих бактерий, разлагающих и минерализующих органические вещества в усвояемую для фитопланктона форму. Разложение органических веществ может идти аэробным или анаэробным путем. В первом случае получают продукты элементарные, необходимые для растений при синтезе органических соединений, во втором количество этих продуктов меньше и их место занимают соединения, нежелательные для жизнедеятельности организмов в прудах. Дно пруда, изолированное слоем воды от атмосферы, имеет более благоприятные условия для деятельности анаэробных бактерий (Мошаров А., 2004).

При разложении органических веществ без доступа кислорода происходит только частичное окисление соединений, входящих в состав органической материи. В этом случае происходит неполный распад. Не окислённая часть создает углеводороды, из которых чаще всего встречается метан. Кроме того, водород может выделяться в свободном виде.

В бескислородной среде при разложении белка, наряду с углекислотой, образуются также сероводород, индол, скатол и т. п., которые придают гниющему белку характерный запах и являются нежелательными и вредными продуктами распада.

В процессе развития анаэробные бактерии получают кислород из солей железа, серы, а также нитритов и нитратов. Последние под воздействием денитрифицирующих бактерий, освобождающих азот, выпадают из круговорота веществ. Большое количество денитрифицирующих бактерий находятся в воде. Обезвреживание их деятельности и создание хороших условий для развития бактерий, связывающих свободный азот (нитрификаторов), является одной из серьезных проблем повышения ракопродуктивности (Пронина Г.И., Корягина Н.Ю., 2009).

В водоеме, покрытый льдом, доступ кислорода из воздуха прекращается. Зеленые водные растения в большинстве отмирают и не представляют сколько-нибудь заметного источника кислорода. В зимних прудах количество кислорода должно пополняться за счет притока свежей воды из водоснабжающего источника, поэтому его газовый режим, особенно зимой, имеет решающее значение при устройстве прудового хозяйства.

Малое содержание кислорода в воде того или иного источника (ниже 2 мл/л) указывает на окислительные процессы, происходящие в воде, что служит отрицательным показателем для зимовальных прудов. Использование такой воды допустимо лишь при условии ее предварительной аэрации.

Следует отметить, что ключевая вода при выходе на земную поверхность содержит самое незначительное количество кислорода, но при пробеге по канавам и лоткам вода обогащается им до нормальных пределов. Это всегда необходимо учитывать при использовании ключевой воды для водоснабжения прудов (Скурлатов Ю. И., 2005).

В воде прудов при анаэробных процессах разложения органических веществ могут образоваться сероводород и метан.

Сероводород (продукт анаэробного разложения белка) и метан (продукт анаэробного разложения клетчатки) – являются резко отрицательными факторами среды.

Оба этих свободных газа при отсутствии кислорода становятся ядовитыми для всех водных животных. Отравляющее действие сероводорода заключается в том, что он связывает железо, входящее в соединение с гемоглобином крови. Гемоглобин, лишенный железа, не способен поглощать кислород при дыхании, вследствие чего

наступает смерть раки от кислородного голодания. Небольшие концентрации сероводорода не оказывают прямого губительного влияния на раков, а вредны своим воздействием на среду, поскольку поглощают из нее кислород.

На окисление 1 мг сероводорода поглощается 1,3 мл кислорода. В летнее время это вредное воздействие компенсируется ветровыми движениями воды, обогащающими воду кислородом атмосферы. В зимнее время на окисление сероводорода может быть израсходован весь кислород воды. В этом случае гибель раков происходит от недостатка кислорода даже при очень малых концентрациях сероводорода (Лагуткина Л.Ю., Пономарев С.В., 2008).

В сильно заиленных прудах процессы разложения органических веществ идут анаэробным путем, вследствие чего круговорот азота резко замедляется. Анаэробные процессы распада вызывают резкое обеднение водоемов фосфором вследствие того, что он находится в придонных слоях и при отсутствии кислорода под действием закиси железа превращается в нерастворимое в воде соединение.

Образование сероводорода в прудах может происходить биологическим и химическим путем. Биологическим путем сероводород в больших количествах образуется в результате деятельности гнилостных бактерий, выделяющих этот газ при разложении белковых веществ. Выделение сероводорода происходит также при восстановлении сульфатов сульфитредуцирующими бактериями, развивающимися в анаэробных условиях. Эти бактерии переводят сульфаты в соли сероводородной кислоты, которые, реагируя со свободной углекислотой, выделяют сероводород (Александрова Е.Н. с соавт., 2004).

Значительное количество гумусовых веществ наряду с обилием сульфатов также может привести к образованию сероводорода в результате восстановления сернокислых солей гуминовыми кислотами. Этот процесс возникновения сероводорода возможен в летнее время. Образование сероводорода в летнее время вызывает угнетение многих видов донной фауны, служащей пищей для раков, вследствие чего ракопродуктивность прудов резко снижается, а в некоторых случаях возможна даже гибель раков. В зимнее время накопление сероводорода на дне заиленных прудов и связанное с этим истощение кислорода ведут к гибели раков, в особенности в непроточных прудах.

Химическим путем сероводород возникает при медленном протекании богатой сульфатами воды через угольные или битуминозные соли, которые восстанавливают сульфаты до

сероводорода. Попадание такой воды в пруды истощает запасы кислорода.

Образование сероводорода химическим путем возможно также при воздействии свободной углекислоты на большие количества сульфата. Такое явление наблюдается ночью в водоемах, богатых сульфатами, когда низшие и высшие растения потребляют кислород и выделяют углекислоту (Борисов Р.Р. с соавт., 2013).

Австралийские раки в пресноводном аквариуме очень чувствительны к содержанию меди, аммиака и его производных (нитритов и нитратов). Присутствие меди или аммиака, а также достижение определенных концентраций нитритов и нитратов приводит к массовой гибели раков. Определенные концентрации меди или нитритов в аквариуме, которые спокойно могут перенести рыбки, могут оказаться роковыми для раков. Для ракообразных вообще присутствие этих веществ в воде аквариума должно свестись к нулю.

Большое скопление аммиака в воде аквариума – это скорая и верная гибель ракообразных, нитриты постепенно, но необратимо вносят сбой в процесс насыщения крови беспозвоночных кислородом. За перенос молекул кислорода в организме беспозвоночных отвечает гемоцианин (аналогично гемоглобину у позвоночных). При вступлении гемоцианина в реакцию с нитритами нарушается процесс газообмена, организм ракообразных недополучает кислород, в результате чего они умирают от кислородного голодания. Нитраты, образующиеся из нитритов, являются наименее токсичными для ракообразной живности. Контролировать содержание аммиака, нитритов и нитратов помогут специальные тесты (Лозан Р., 2009).

Медь для ракообразных – ещё более сильный яд, чем нитриты. И если некоторые болезни аквариумных рыбок лечатся с помощью меди, то для креветок и раков – это беспроигрышный билет в мир иной. Медь попадает в аквариум также вместе с водой из медесодержащего водопровода. При медном отравлении работа внутренних органов нарушается, накапливаются продукты метаболизма, что приводит к неминуемой гибели. Содержание меди в аквариуме помогут определить соответствующие тесты.

Нитриты — это продукт биологической переработки органических и азотсодержащих субстанций типа остатков корма и продуктов жизнедеятельности ракообразных. В уже “созревшем” аквариуме многочисленные бактерии быстро превращают нитриты в куда более безопасные нитраты, а вот в новом аквариуме дело обстоит иначе. Бактерий-нитрификаторов здесь пока еще мало, а потому происходит лавинообразное накопление нитритов — так называемый

нитритный пик. Нитриты подавляют газообменные процессы в жабрах, а точнее, в тонких жаберных лепестках. Через жабры нитриты попадают в кровь раков и блокируют гемоглобин, отвечающий за перенос кислорода. Газообмен нарушается, и наступает гибель от удушья (Пронина Г.И., Корягина Н.Ю., 2011).

Изменение газового режима воды в прудах. Газовый режим прудов непостоянен: изменения его имеют суточный, сезонный или временный характер.

Суточные изменения газового режима происходят главным образом в летнее время в результате развития биологических процессов в прудах. Основным фактором, определяющим суточные изменения газового режима водоемов, являются водоросли.

В прудах с сильным развитием водорослей наибольшее количество кислорода и наименьшее количество свободной углекислоты наблюдается днем. Ночью, когда фотосинтетическая деятельность водорослей прекращается, происходят уменьшение содержания кислорода и увеличение содержания в воде углекислоты. Меньше всего кислорода и больше всего углекислоты бывает перед рассветом. С рассветом процесс фотосинтеза возобновляется, и запасы кислорода постепенно восстанавливаются. Сильное развитие в пруду сине-зеленых водорослей, сопровождающееся окраской воды в сине-зеленый цвет (цветение), может за ночь полностью истощить запасы кислорода в воде. Это истощение запасов кислорода в воде прудов наблюдается иногда и днем в результате расходования кислорода на разложение значительной массы отмирающих сине-зеленых водорослей (Киреев И.Р., 2007).

Подавление сине-зеленых и развитие зеленых водорослей достигается путем удобрения воды аммиачной селитрой и суперфосфатом.

Зеленые одноклеточные, в частности, протококковые водоросли, в результате фотосинтетической деятельности увеличивают содержание кислорода днем до 200–300 % насыщения. При таком насыщении содержание кислорода за ночь снижается до 2–3 мл/л.

Сезонные изменения имеют общую закономерность, характеризующуюся в зимний период постепенным понижением содержания растворенного в воде кислорода с осени и минимумом водоснабжения, а весной – восстановлением содержания кислорода до нормы под освежающим действием паводковых вод.

Причиной сезонных изменений являются также гидрологические условия. В начале зимнего периода в источники водоснабжения поступают вытесняемые под действием мороза

грунтовые воды, бедные кислородом. Когда процесс стока грунтовых вод уменьшается и дебет водных источников усиливается, содержание растворенного в воде кислорода постепенно (а при оттепелях – резко) увеличивается (Пронина Г.И., Корягина Н.Ю., 2009).

Снижение количества растворенного в воде кислорода до полного его истощения может происходить и в летнее время, особенно в сильно заиленных прудах, в результате гниения органических веществ и выделения сероводорода или метана.

Временные изменения в содержании кислорода в воде происходят, например, в тех случаях, когда заново построенные пруды с нескошенным растительным покровом заливают водой. Через некоторое время после этого начинается процесс отмирания и загнивания растительности некоторых видов, сопровождающийся поглощением растворенного в воде кислорода и накоплением свободной углекислоты. Наблюдается снижение содержания кислорода в прудах и весной после прохода полых вод, когда снесенные в пруд органические вещества начинают разлагаться.

Резкое уменьшение кислорода происходит в воде выростных прудов в результате разложения стерни после скашивания викоовсяной смеси с их ложа (Рахманов А.И., 2007).

Влияние температуры окружающей среды на ракообразных. Газовый режим и реакция среды в прудах определяют интенсивность круговорота веществ, а климатические факторы – длительность его в году. К числу этих факторов относятся: интенсивность инсоляции, то есть количество солнечной энергии, излучаемой в единицу времени на 1 см^2 , долгота дня, длительность и температурные условия вегетационного периода.

В прудовом раководстве вегетационным периодом принято считать период интенсивного питания и роста. Интенсивное развитие водных организмов, используемых в пищу раками, равно как питание и рост раков, происходит при температуре воды 15°C и выше, при более низкой температуре (10°C) питание и рост раков замедляются, а при снижении температуры воды в прудах ниже 10°C питание хотя и продолжается, но рост их приостанавливается. (Александрова Е.Н. с соавт., 2004)

Наиболее интенсивный круговорот биогенных веществ в прудах происходит при температуре воды выше 20°C ; нитрифицирующие бактерии, например, начинают усиленно развиваться при температуре воды 20°C и выше.

Чем длительнее период благоприятного температурного режима, тем дольше продолжаются биологический круговорот

веществ и развитие пищевой фауны для раков. Продолжительность вегетационного периода с температурой воды 20 °С и выше зависит от климатических условий отдельных зон.

При температуре воды проточных ключевых прудов 14–16 °С продуктивность не превышает 100 кг с 1 га, тогда как ракопродуктивность непроточных, хорошо прогреваемых ключевых прудов составляет в одних и тех же районах, на одинаковых почвах 250–300 кг с 1 га.

В районах с ветреным летом пруды более продуктивны, чем в безветренных. Ветры увеличивают насыщение прудов кислородом, за счет которого усиливается развитие жизненных процессов и повышается интенсивность питания раки (Рахманов А.И., 2007).

Действие температуры на организм гидробионтов, в том числе пойкилотермных форм, было изложено А.С Константиновом (1979), в частности, была отмечена зависимость от температуры активности животных, которая отражает суммарную реакцию организма.

Уровень подвижности активных животных в принципе также связан с окружающей температурой, хотя у наиболее активных форм эта связь может маскироваться эндогенной теплопродукцией, связанной с работой мускулатуры (Винберг Г.Г., 1968; Винленкин Б.Я., 1977; Диксон М., 1982).

В наиболее генерализованной форме влияние температуры на обменные процессы прослеживается при изучении онтогенетического развития животных. Оно протекает тем быстрее, чем выше температура окружающей среды (Zhao, Y. et al., 2000; García Guerrero M. et al., 2003; Кузьмина В.В., Ушакова Н.В., 2007).

Изменчивость температуры влечет за собой соответствующие изменения скорости обменных реакций. Поскольку динамика температуры тела пойкилотермных организмов (на примере ракообразных) определяется изменениями температуры среды, интенсивность метаболизма также оказывается в прямой зависимости от внешней температуры (Pavasovic A. et al., 2007).

Скорость потребления кислорода, в частности, при быстрых изменениях температуры следует за этими изменениями, увеличиваясь при повышении ее и уменьшаясь при снижении. То же относится и к другим физиологическим функциям: частота сердцебиений, интенсивность пищеварения и т. д. (Carvalho, C.S., 2006).

Последний пример Y. Zhao et al. (2000) показывает, что влияние температуры не прямолинейно. По достижении определенного

порога стимуляция процесса сменяется его подавлением. Это общее правило, объясняющееся приближением к зоне порога нормальной жизни.

Эффективными температурами называют температуры выше того минимального значения, при котором процессы развития вообще возможны; эту пороговую величину называют биологическим нулем развития (Голованова, И.Л., 2004; Ручин, А. Б., 2004).

Скорость эмбрионального этапа развития или его периодов в зоне биотолерантных температур у некоторых гидробионтов может быть описана уравнением Аррениуса или другими близкими к нему экспоненциальными уравнениями. Это позволяет моделировать влияние переменного режима температур на гидробионты при интродукции в естественные водоемы и при культивировании в искусственных условиях (Коган, В.А., 1984; Голованова, И.Л., 2006).

Некоторыми исследованиями показано, что действие температуры оказывает влияние на формирование пола водных животных. При естественных водных температурах (24 ± 10 °C) и пониженных температурах (20 ± 10 °C) соотношение полов равно примерно 1:1 (1:1,09 и 1,22:1, соответственно). Однако, при культивировании ракообразных при повышенных температурах ($28 \pm 0,50$ °C) соотношение полов сдвигается в сторону самцов: 1:4,89 ($83,3 \pm 0,7$). При повышении температур выращивания до $30 \pm 0,50$ °C соотношение полов сдвигается, наоборот, в сторону самок 2,85:1 ($26,4 \pm 0,4\%$). Таким образом, дифференциация у пола является температурозависимой.

G. D. Verhoef (1998) провел анализ комбинированного влияния температуры и плотности на рост и выживаемость молоди австралийской речных раков.

Недавними исследованиями F. J. Vazquez, L.S. Lopez (2007) было показано влияние высокой температуры на дифференцировку пола ракообразных, в том числе австралийского рака. Аналогичные результаты были продемонстрированы M. S. De Bock, L. S., Lopez Greco (2010). Было установлено, что большое количество самцов раков *Cherax quadricarinatus* может быть образовываться под действием высокой температуры ($\geq 30 \pm 10$ °C). Можно заключить, что существенное определяющее влияние температуры на многие жизненные процессы пойкилотермных гидробионтов, следует учитывать воздействие на организм и остальных факторов. Для этого необходимо полнее использовать методы (и прежде всего факторного) анализа, возможности современной вычислительной техники.

Материалы и методы. Исследовательская работа выполнялась в Астраханском государственном техническом университете на кафедре «Гидробиология и общая экология» в 2015 -2017 годах. Экспериментальная часть работы проводилась на базе малого инновационного предприятия «Эко-тропик» с июня 2016 г. по июнь 2017 г.

Объект исследования – австралийский красноклешнёвый рак *Cherax quadricarinatus*.

Обитает в реках на северо-западе штата Квинсленд и Северной территории Австралии, был обнаружен также в Папуа-Новой Гвинее.

Окраска варьирует в зависимости от местообитания. Тело состоит из трёх отделов - головогруды, переона и плеона.

Живет до 5 лет, максимальная длина достигает 40 см, а вес - 2 кг. Достижение половой зрелости происходит в возрасте 6-9 месяцев. Смертельная температура - ниже 10 °С и выше 36 °С. Нетребователен к качеству воды. Может выживать при низком содержании кислорода и высоком содержании нитратов. Самым опасным для данного рака является даже ничтожное содержание меди в воде.

Научная классификация:

Царство: Животные (*Animalia*)

Тип: Членистоногие (*Arthropoda*)

Подтип: Ракообразные (*Crustacea*)

Класс: Высшие раки (*Malacostraca*)

Отряд: Десятиногие ракообразные (*Decapoda*)

Семейство: *Parastacidae*

Род: *Cherax*

Вид: *Cherax quadricarinatus*

Латинское название: *Cherax quadricarinatus* (Meade, M. E., 1995)

Методы исследования. Содержание раков осуществлялось в условиях экспериментальных установок замкнутого водоснабжения, которые обеспечивали равные условия содержания для различных экспериментальных групп молоди.

Основной целью исследований было изучение толерантности молоди раков к условиям выращивания. Экспериментальные работы проводились в аквариумах объёмом от 50 до 300 литров, оборудованных биофильтрами.

Экспериментальный метод. Экспериментальные группы содержались в отдельных аквариумах ёмкостью 300 литров, оснащённых принудительной аэрацией, биофильтрами и автоматической регулировкой температуры воды. Длительность экспериментов составляла 40 суток.

Молодь содержалась в аквариумах при плотности посадки - 5 экземпляров. Температура воды в аквариумах составляла 25 - 28 °С. Количество кормов для молоди рассчитывалось, исходя из ее массы, темпов роста, плотности посадки и прогнозируемого отхода на период кормления. Кормление проводилось 3 раза в день в 8, 14 и 20 часов. В среднем ежедневный рацион составлял 3 % от массы тела раков.

Эксперимент по выживанию и росту. Влияние температуры рассматривались в опытах, которые проводились в 3 аквариумах емкостью 300 литров, аэрированных до насыщения кислородом, и поддерживаемой температурой 25°С. Опыты проводились на молоди австралийских красноклешневых раков в количестве 300 штук. Температура повышалась с помощью аквариумных автоматических водоподогревателей мощностью 200-300 ватт.

Самок с развивающимися яйцами содержали при разных температурах: $24\pm 1^{\circ}\text{C}$, $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ и при $30\pm 1^{\circ}\text{C}$. Температурный режим содержания рачат в течение 60 дней был следующим:

1. Температура инкубации - $24\pm 1^{\circ}\text{C}$, температура содержания рачат - $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ и $30\pm 1^{\circ}\text{C}$;
2. Температура инкубации - $27\pm 1^{\circ}\text{C}$, температура содержания рачат - $27\pm 1^{\circ}\text{C}$;
3. Температура инкубации - $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, температура содержания рачат - $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ и $30\pm 1^{\circ}\text{C}$.

По окончании опыта оценивали влияние температуры на дифференцировку пола и размерно-весовые показатели австралийских раков (рис.1).

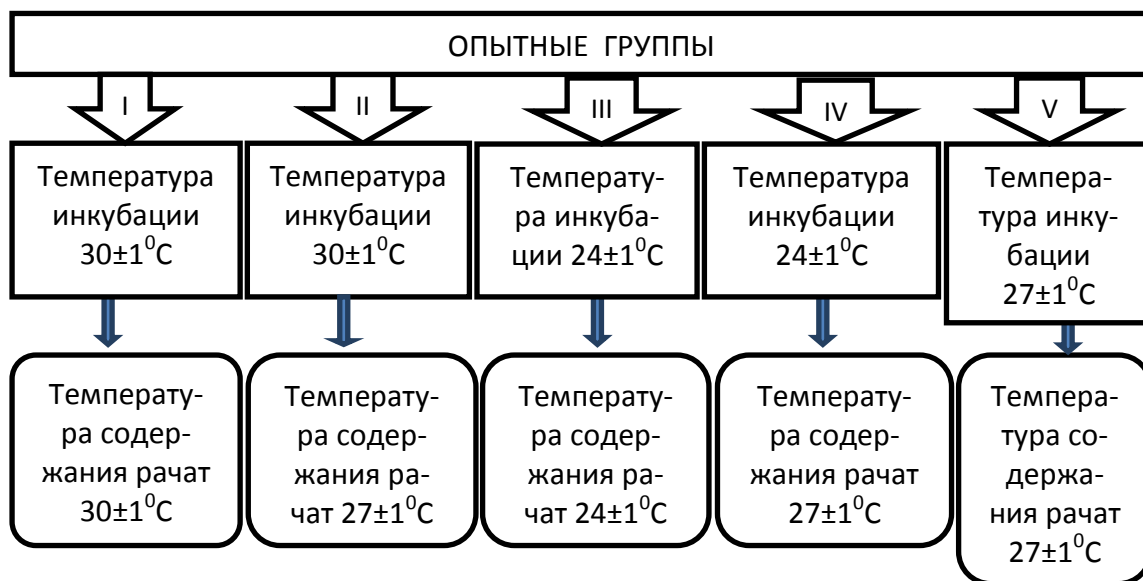


Рисунок 1 – Схема опыта оценки влияния температуры на рост и развитие австралийских раков

По окончании опыта оценивалось влияние температуры инкубации и температуры содержания неполовозрелых особей на размерно – весовые показатели и дифференциацию пола.

Влияние дефицита кислорода оценивалось в опытах, которые проводились в аквариумах объёмом 50 литров. В каждый аквариум сажали по 20 одноразмерных раков массой 3-5 г. Недостаток кислорода создавался отключением аэрации, газообмену препятствовал экран, положенный на поверхность воды.

Влияние аммонийного азота исследовали в диапазоне концентраций от 1,0 до 20,0 мг/л. Необходимая концентрация аммонийного азота создавалась внесением соли сульфата аммония – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. В опытах использовалась молодь раков массой 3-5 г, в количестве 50 штук. Опыты проводились в трёх повторностях, использовались опытные и контрольные раки.

Морфометрический метод. Определялись общая длина, длина карапакса и масса десятиногих раков.

Физиологические методы. Контроль роста осуществлялся 1 раз в месяц. Скорость роста (ОК) за единицу времени определяли по формуле:

$$Aw = W_2 - W/W_i \text{ и } W_j$$

где, Aw - изменение массы, при этом $W_2 - W/W_i$ и W_j - начальный и конечный вес особи, t_1 - начальное время, t_2 - конечное время (Вундцеттель, 2003).

Гидрохимический метод. Данный вид исследований проводился с целью контроля условий содержания раков в установках замкнутого водоснабжения.

Гидрохимический контроль условий содержания раков проводился по следующим показателям: pH, растворенный кислород, концентрация в воде азота (нитраты, нитриты, амоний). Температурный и газовый режимы воды соответствовали технологическим нормам по выращиванию десятиногих раков (Michael, 1997).

Содержание кислорода измерялась на месте проведения исследований с использованием портативного оксиметра АТЕ-3012. Периодичность отбора проб – через каждые 20 суток. Принцип метода определения содержания кислорода в воде основан на том, что при прибавлении к последней едкого натра (NaOH) и хлористого марганца (MnCl_2) образуется гидрат закиси марганца $[\text{Mn}(\text{OH})_2]$, который при наличии в воде кислорода окисляется в гидрат окиси марганца $[\text{Mn}(\text{OH})_3]$. Если затем прибавить к воде соляную кислоту (HCl), то гидрат

окиси марганца растворяется, образуя хлорный марганец (MnCl_3). Однако хлорный марганец непрочное соединение и быстро переходит в хлористый марганец (MnCl_2) с выделением свободного хлора (Cl). При прибавлении к жидкости йодистого калия (KI) происходит реакция замещения в нем йода хлором. Количество выделившегося йода эквивалентно количеству свободного кислорода, содержащегося в исследуемой воде. Выделившийся йод определяют раствором гипосульфита натрия. По количеству гипосульфита натрия, израсходованному на титрование, устанавливают количество растворенного в воде кислорода (табл. 1).

Таблица 1 – Методы исследования и объем взятого материала

Вид исследования	Показатели	Количество материала
Экспериментальный метод	температура	300
	дефицит кислорода	100
	аммонийный азот	150
Морфометрический метод	общая длина, длина карапакса, масса	300
Гидрохимический метод	растворенный кислород, концентрация азота	450

Статистический метод. Статистическая обработка полученных результатов исследований осуществлялась при помощи интегральных пакетов STATISTICA v. 6.0 и в среде компьютерной программы Microsoft Excel.

Результаты исследований. Влияние температурного режима на рост и выживаемость молоди раков. Температурный фактор – основной в определении оптимальных условий для выращивания тропических раков. В наиболее генерализованной форме влияние температуры на обменные процессы прослеживается при изучении онтогенетического развития животных. Оно протекает тем быстрее, чем выше температура окружающей среды.

Изменчивость температуры влечет за собой соответствующие изменения скорости обменных реакций. Так как динамика температуры тела ракообразных определяется изменениями температуры среды, интенсивность метаболизма также оказывается в прямой зависимости от внешней температуры. Скорость потребления кислорода, в частности, при быстрых изменениях температуры следует за этими изменениями, увеличиваясь при повышении ее и

уменьшаясь при снижении. То же относится и к другим физиологическим функциям: частота сердцебиений, интенсивность пищеварения и т. д.

Поэтому был поставлен отдельный эксперимент по изучению роста молоди раков в условиях разной температуры среды. В три одинаковых аквариума ёмкостью 300 л были посажены по 100 рачат в возрасте 20 дней, полученные от одной самки, т.е., генетически относительно однородные. Пользуясь тем, что весной и в начале лета температура воды в аквариумах, размещённых в лаборатории, без специального подогрева, сохранялась на уровне не выше 20-22 °С, температурный режим в экспериментальных аквариумах формировали в трёх интервалах: 20-22, 24-26, и 28-30 °С. Повышали температуру с помощью аквариумных автоматических водоподогревателей мощностью 200-300 ватт. Кормили молодь одинаково – смесью животных и растительных кормов. Температура контролировалась 3 раза в день (08:00; 14:00; 21:00) с помощью ртутного термометра ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$). Воду меняли через день водой той же температуры. Каждые две недели подсчитывали всю молодь раков и взвешивали. Конечный вес и выживаемость была зарегистрирована для всех раков. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Рост и выживаемость молоди раков при разной температуре содержания

Показатель	Температура, °С								
	20-22 °С			24-26 °С			28-30 °С		
	Длительность воздействия, сут								
	1	20	40	1	20	40	1	20	40
Кол-во, шт.	100	84	72	100	85	81	100	91	88
Масса, г.	0,11 ±0,01	0,28 ±0,02	0,89 ±0,03	0,13 ±0,01	0,32 ±0,02	1,23 ±0,04	0,12 ±0,01	0,39 ±0,02	1,46 ±0,05
Прирост, г.	-	0,17	0,61	-	0,19	0,91	-	0,27	1,07
Прирост за сутки, %	-	7,7	10,9	-	7,3	14,2	-	11,2	13,7

Судя по данным таблицы 2, температура 20-22 °С не позволяет молодежи раков достичь максимальных показателей роста и выживаемости. Температурный интервал от 24-30°С демонстрируют более высокие результаты, и могут быть признаны оптимальными для содержания и выращивания селекционной молодежи. Здесь мы видим и более высокий темп роста – от 0,19 до 1,07 по сравнению с температурой от 20-22°С, где прирост составляет от 0,17 до 0,61, и лучшую выживаемость. Наименьшие потери составил интервал температур 28-30°С – 12 особей. Это на 16 особей меньше, чем при температуре 20-22°С – 28 особей. Очевидно, температура от 24 до 30 градусов позволяет более полно реализовать физиологический потенциал тропических раков на ранних стадиях онтогенеза.

Из многих исследований известно, что ракообразные, как и большинство пойкилотермных животных, показывают коэффициенты роста и развития, зависящие от температуры. Содержание австралийских раков при разной температуре приводит к различным поведенческим реакциям (табл. 3).

Таблица 3 – Поведение ракообразных при разной температуре содержания

Длительность наблюдений, сут.	Температура воды		
	+20...+22°С	+24...+26°С	+28...+30°С
1	Двигаются мало, сидят в укрытиях, питаются слабо	Активны, питаются, реагируют на стук	Активны, питаются, реагируют на стук
3	Двигаются мало и медленно. Питаются. Гибель 1 экземпляра	Активны, питаются, реагируют на стук	Активны, питаются, реагируют на стук. Линька у 2 экземпляров
5	Сидят в укрытиях. На свету двигаются мало. На стук реагируют слабо.	Активны, питаются, реагируют на стук	Активны, питаются, реагируют на стук.

Продолжение табл. 3

Длительность наблюдений, сут.	Температура воды		
	+20...+22°C	+24...+26°C	+28...+30°C
7	Двигаются мало и медленно. У 2-х экз. сапролегния на абдомене	Активны, питаются, реагируют на стук. У 1 экземпляра потеря клешни и двух ходильных ног	Активны, питаются, реагируют на стук. Линька у 1 экземпляра
9	Двигаются мало, сидят в укрытиях, не питаются	Активны, реагируют на стук, не питаются	Активны, реагируют на стук, не питаются
11	Двигаются, но мало, питаются слабо. На стук реагируют слабо.	Активны, реагируют на стук. Питаются.	Активны, подвижны, реагируют на стук, Питаются активно.
13	Двигаются мало, почти не питаются. На стук реагируют слабо. Сапролегния у 2 экземпляров	Активны, реагируют на стук. Питаются.	Активны, подвижны, реагируют на стук, Питаются активно
15	Двигаются мало, не питаются. На стук реагируют слабо. Гибель 2 экземпляров	Активны, реагируют на стук. Питаются. Линька у 1 экземпляра.	Активны, очень подвижны, реагируют на стук, Питаются активно
18	Почти не двигаются питаются слабо, Сидят в укрытиях. Сапролегния у 5 экземпляров	Активны, реагируют на стук. Питаются.	Активны, очень подвижны, реагируют на стук, Питаются активно

Окончание табл. 3

Длительность наблюдений, сут.	Температура воды		
	+20...+22°C	+24...+26°C	+28...+30°C
21	Почти не двигаются. Сидят в укрытиях. Гибель 1 экземпляра. Сапролегния у 5 экземпляров	Активны, реагируют на стук. Питаются.	Активны, очень подвижны, реагируют на стук, Питаются активно
24	Почти не двигаются. Сидят в укрытиях. Гибель 1 экземпляра Сапролегния у 5 экземпляров	Активны, реагируют на стук. Питаются.	Активны, очень подвижны, реагируют на стук, Питаются активно

Наблюдения показали, что при температуре +20... +22°C австралийские раки проявляют малую активность, практически не реагируют на раздражители, слабо питаются. Уже на третьи сутки гибнет 1 экземпляр, а на седьмой день эксперимента у двух экземпляров обнаруживается сапролегния. За все время эксперимента при данном интервале температур погибло 5 экземпляров, сапролегния у 19 раков.

Интервал температур +24... +26°C показывает более высокие результаты, и могут быть признаны оптимальными для содержания и выращивания австралийских красноклешневых раков. Здесь мы видим большую активность, хорошую реакцию на стук. Данная температура не вызывает гибели и инфекционных заболеваний, в отличие от интервала +20... +22°C.

Интервал +28... +30°C позволяет более полно реализовать физиологический потенциал тропических раков. Также можно отметить, что перемена погода сильно влияет на жизнедеятельность ракообразных, в результате чего прекращается питание у всех трех подопытных групп, что произошло на 9 сутки эксперимента.

Температура считается одним из важнейших физических факторов, влияя на размерно-весовые показатели, скорость роста, соотношение полов. Данный эксперимент проводили в 3 аквариумах

емкостью 300 литров, аэрированных до насыщения кислородом. Самок с развивающимися яйцами содержали при разных температурах: $24\pm 1^{\circ}\text{C}$, $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ и при $30\pm 1^{\circ}\text{C}$. Температурный режим содержания рачат в течение 60 дней был следующим: 1. Температура инкубации - $24\pm 1^{\circ}\text{C}$, температура содержания рачат - $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ и $30\pm 1^{\circ}\text{C}$; 2. Температура инкубации - $27\pm 1^{\circ}\text{C}$, температура содержания рачат - $27\pm 1^{\circ}\text{C}$; 3. Температура инкубации - $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, температура содержания рачат - $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ и $30\pm 1^{\circ}\text{C}$. По окончании опыта оценивали влияние температуры на дифференцировку пола и размерно-весовые показатели австралийских раков (табл. 4).

Таблица 4 – Размерные показатели австралийских раков при разных температурах

Показатели	Опытные группы			
Температура на эмбриональной и личиночной стадии, $^{\circ}\text{C}$	30 ± 1		24 ± 1	
Продолжительность эмбриональной и личиночной стадии, дней	30-35		50-60	
Температура на ранних стадиях (0 – 60 дней), $^{\circ}\text{C}$	27 ± 1	30 ± 1	24 ± 1	$27\pm 0,5$
Длина карапакса в возрасте 10 дней, мм	$4,96\pm 0,05$	$5,12\pm 0,04$	$4,2\pm 0,09$	$4,82\pm 0,08$
Длина карапакса в возрасте 60 дней, мм	$13,88\pm 0,07$	13,92	$11,1\pm 0,58$	$13,2\pm 0,6$
Длина тела в возрасте 10 дней, мм	$12,78\pm 0,05$	$12,1\pm 0,09$	$11,6\pm 0,08$	$12,2\pm 0,13$
Длина тела в возрасте 60 дней, мм	$33,8\pm 0,17$	$32,4\pm 0,145$	$27,1\pm 1,22$	$32,2\pm 0,6$

Результаты исследования показали, что температура влияет не только на рост, но и на дифференцировку пола на ранних стадиях развития австралийских раков. Вместе с ростом температуры воды в диапазоне от 24 до 30°C наблюдалось ускорение процесса эмбрионального и личиночного развития. При высокой температуре продолжительность эмбриональной и личиночной стадии составила в 30-35 суток, что заметно короче, чем при низкой (50-60 суток)

температуре 24 градуса, При 27 °С, т.е. при температуре, которую мы приняли считать как оптимальную, продолжительность эмбриональной и личиночной стадии составила 40-45 суток.

Кроме сокращения длительности эмбрионального и личиночного развития температура оказывает влияние на рост рачат. В возрасте 10 дней самыми развитыми были рачата, которые росли при 27°С (длина тела $-5,58 \pm 0,13$ мм, масса - $0,092 \pm 0,003$ г) (табл.5).

Таблица 5 – Весовые показатели австралийских раков при разных температурах

Показатели	Опытные группы			
Температура на эмбриональной и личиночной стадии, °С	30±1		24±1	
Продолжительность эмбриональной и личиночной стадии, дней	30-35		50-60	
Температура на ранних стадиях (0 – 60 дней), °С	27±1	30±1	24±1	27±0,5
Масса в возрасте 10 дней, г	0,071±0,002	0,068±0,004	0,058±0,001	0,061±0,001
Масса в возрасте 60 дней, г	1,66±0,201	1,61±0,173	0,95±0,1	1,57±0.15

Размерно-весовые показатели экспериментальных групп, содержащихся при более высокой и низкой температурах инкубации были заметно меньше. Так средняя масса особей «высокотемпературной группы инкубации» колебалась от $0,058 \pm 0,001$ до $0,061 \pm 0,001$ г, а у «низкотемпературной группы» - от $0,068 \pm 0,004$ до $0,071 \pm 0,002$ г ($P < 0,001$).

В возрасте 60 дней штучная масса особей, содержащихся при температуре 27 °С, оказалась выше, чем у остальных групп, и соответственно скорость роста также была выше. Более высокий темп роста при температуре 30°С по сравнению с более низкой температурой был показан в возрасте 60-90 дней (табл.6).

Таблица 6 – Скорость роста австралийских раков при разных температурах

Показатели	Опытные группы			
Температура на эмбриональной и личиночной стадии, °C	30±1		24±1	
Продолжительность эмбриональной и личиночной стадии, дней	30-35		50-60	
Температура на ранних стадиях (0 – 60 дней), °C	27±1	30±1	24±1	27±0,5
Скорость роста в возрасте 10-60 дней, мг/сутки	31,78	30,84	17,84	30,18
Скорость роста в возрасте 60-90 дней, мг/сутки	19,35	25,68	12,65	19,12

Было выявлено влияние температуры на соотношение полов на ранних стадиях развития раков. Если посмотреть на соотношение полов при температуре инкубации и раннего выращивания 27±1°C градусов, то мы отмечаем не только соотношение полов, которое можно назвать оптимальным, но и наименьшее количество гермафродитов (1,8%). Некоторое преобладание самок является нормальным для австралийских раков, которые образуют семейные группы с некоторым преобладанием самок (табл. 7).

Таблица 7 – Соотношение полов австралийских раков при разных температурах

Показатели	Опытные группы			
Температура на эмбриональной и личиночной стадии, °C	30±1		24±1	
Продолжительность эмбриональной и личиночной стадии, дней	30-35		50-60	
Температура на ранних стадиях (0 – 60 дней), °C	27±1	30±1	24±1	27±0,5
Самки : самцы : интерсекс, %	46,2 : 51,4 : 2,2	7,3 : 54,2 : 8,4	39 : 53,6 : 7,3	49,3 : 45,5 : 5

Отмечено преобладание самцов в результате воздействия высокой температуры. Так, при температуре инкубации и выращивания на уровне 30 °С относительное количество самцов больше по сравнению с группой, которую можно назвать контрольной, почти на 10%. Одновременно с этим, наблюдали и самое большое количество интерсексов - $8,4 \pm 0,15\%$. Появление при высокой температуре большого количества самцов было, в общем, довольно ожидаемым результатом. Но вместе с тем, оказалось, что почти такое же количество самцов было и при выращивании при температуре 24°С причём влияние оказала температура на этапе выращивания молоди, а не эмбрионального развития.

Исследование толерантности австралийских раков к дефициту кислорода. Австралийский красноклешнёвый рак отличается достаточно высокой толерантностью к тем факторам внешней среды, которые для обитателей умеренных широт могут быть неприемлемыми. Красноклешнёвый рак в своём естественном ареале предпочитает водоёмы с высокой мутностью воды, со слабым течением или вообще со стоячими водами. Водоёмы с таким гидрологическим режимом склонны к зарастанию высшей водной растительностью, сильно эвтрофицированы, поэтому при высоких температурах в них создаются условия для снижения содержания растворённого в воде кислорода, особенно в утренние часы. Соответственно этому, австралийский рак должен выдерживать до определённого предела дефицит кислорода.

В прудах с сильным развитием водорослей наибольшее количество кислорода и наименьшее количество свободной углекислоты наблюдается днем. Ночью, когда фотосинтетическая деятельность водорослей прекращается, происходят уменьшение содержания кислорода и увеличение содержания в воде углекислоты. Меньше всего кислорода и больше всего углекислоты бывает перед рассветом. С рассветом процесс фотосинтеза возобновляется и запасы кислорода постепенно восстанавливаются. Сильное развитие в пруду сине-зеленых водорослей, сопровождающееся окраской воды в сине-зеленый цвет (цветение), может за ночь полностью истощить запасы кислорода в воде. Это истощение запасов кислорода в воде прудов наблюдается иногда и днем в результате расходования кислорода на разложение значительной массы отмирающих сине-зеленых водорослей.

При культивировании раков в климатических условиях юга России летом в прудах могут возникать условия, схожие с описанными выше, особенно в тех случаях, когда при выращивании применяются плотные посадки и интенсивное кормление. В текущем сезоне

температуры воды в прудах, в которых выращивались раки, не поднималась до экстремальных значений, оставаясь в течение продолжительного периода на уровне порядка 25⁰С. Зарастаемость прудов была умеренной, из макрофитов преобладали роголистник, рдест, по урезу воды – умеренно произрастал тростник. В этих условиях содержание кислорода в прудах было достаточным в течение всего периода наблюдений (июнь-август), не опускаясь ниже 5,0 мг/л.

Что касается тепличных прудов, то, несмотря на невысокий уровень воды (глубина в течение сезона колебалась в пределах от 0,5 до 1,5 м), плотная водная растительность не давала воде прогреться выше 27⁰С. Регулярная подача воды в тепличный пруд не давала возможности для снижения уровня кислорода в воде до критического. Наименьший отмеченный уровень содержания кислорода в воде тепличных прудов был 2,5 мг/л.

Наиболее вероятны экстремальные условия по газовому режиму в установках замкнутого водоснабжения. Например, аварийное отключение электроэнергии, в результате чего останавливается циркуляция воды и прекращается аэрация. При плотных посадках раков и при наличии несъеденного корма содержание кислорода в воде бассейнов стремительно снижается. Снять напряжённость ситуации может только аварийное энергоснабжение. При этом возникает вопрос, в течение какого времени раки могут находиться при дефиците кислорода без заметного для них ущерба. Дать ответ на этот вопрос была призвана серия опытов. Динамика содержания кислорода при проведении первой серии опытов показана на рис. 2.

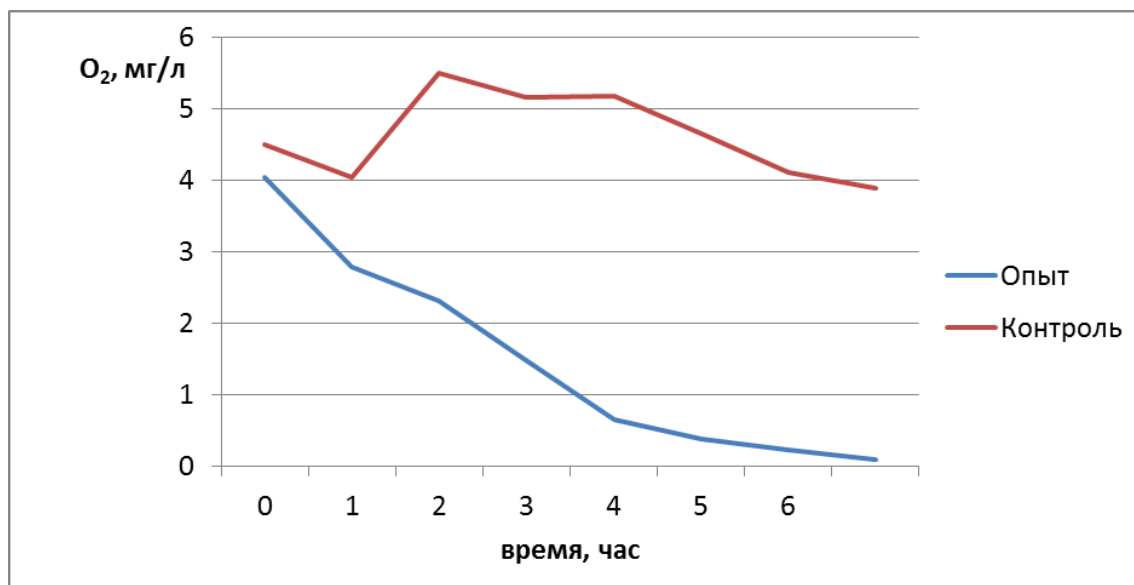


Рисунок 2 – Динамика содержания кислорода в воде во время эксперимента I.

Наблюдения показали, что активность раков сохранялась при снижении содержания кислорода до 1,4-1,5 мг/л. Они активно реагировали на тактильные раздражители, сохранялся оборонительный рефлекс: при приближении к ним стеклянной палочки раки принимали характерную позу, приподнимаясь на ходильных ногах и поднимая вверх клешненосные конечности. При дальнейшем понижении содержания кислорода реакция раков замедлялась, они перемещались по аквариуму уже только при прикосновении.

При падении содержания кислорода до значений менее 0,5 мг/л состояние подопытных раков резко изменилось. Они в течение короткого времени (всего 2-3 минуты) вдруг резко забеспокоились, затем сбились все в одну кучу, пытались выбраться из воды. Затем впали в ступор, практически не реагировали на тактильные раздражители. В таком состоянии они находились всё время, пока содержание кислорода было на уровне 0,23-0,38 мг/л, но гибели ещё не было. И только через 4 часа нахождения в воде с уровнем содержания кислорода менее 1,0 мг/л, когда прибор зафиксировал содержание кислорода всего 0,10 мг/л, погибло 2 рака из 20, т.е. всего 10% (табл.8).

Таблица 8 – Динамика гибели молоди раков при экспериментальной гипоксии, %

Время экспозиции, час	0	1	2	3	4	5	6	7
Содержание O ₂ , мг/л	4,04	2,79	2,32	1,48	0,66	0,38	0,23	0,10
К-во погибших		0	0	0	0	0	0	10

При дальнейшем содержании раков без кислорода наблюдался массовый отход, что было подтверждено также и в повторных опытах.

Следующая серия опытов была призвана ответить на вопрос, насколько обратимо состояние, возникающее у раков при острой гипоксии. В воде аквариумов постепенно был создан дефицит кислорода. За начало опыта приняли момент времени, когда уровень содержания кислорода понизился менее 0,5 мг/л. В течение 5 часов острой гипоксии гибели раков отмечено не было.

Затем в аквариумах была включена аэрация воды. При повышении содержания кислорода до 3,0 мг/л поведение подопытных раков уже ничем не отличалось от контрольных (рис.3).

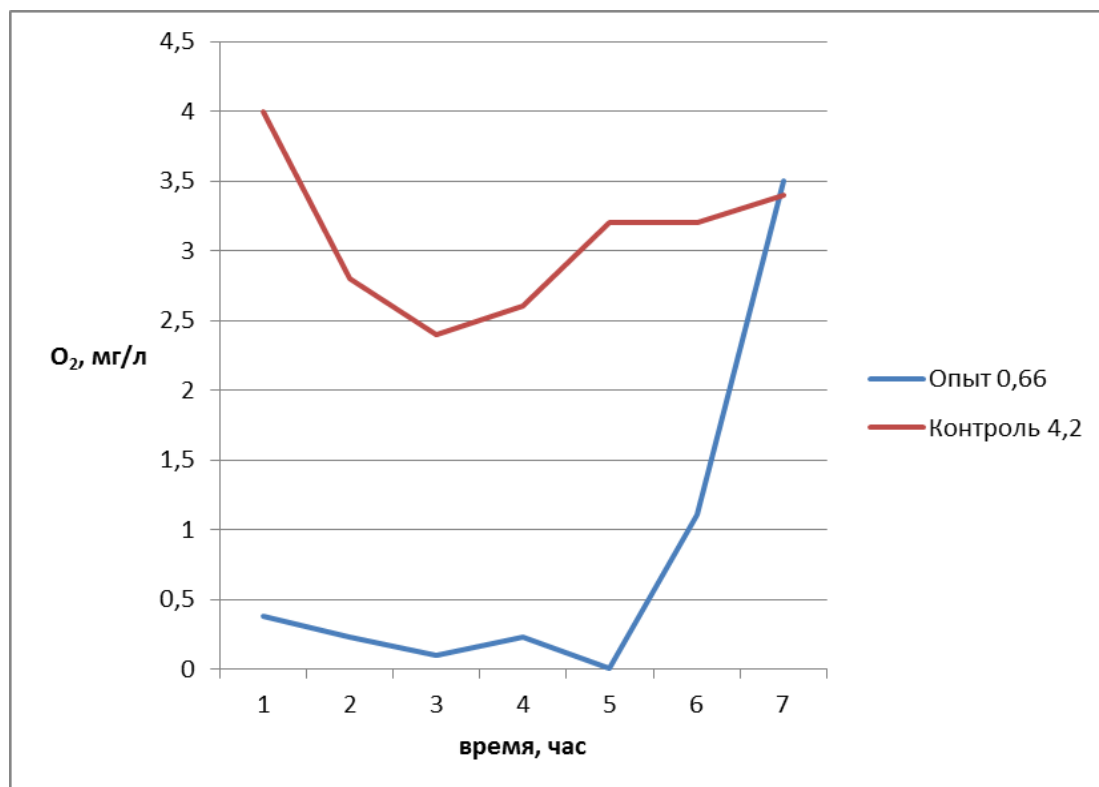


Рисунок 3 – Динамика содержания кислорода в воде во время эксперимента II.

Вместе с тем, при повышении содержания кислорода до 1,1 мг/л была отмечена одна стрессовая линька, при 3,3 мг/л – ещё одна. Таким образом, хотя дефицит кислорода не привёл к непосредственной гибели, стрессовые линьки свидетельствуют об экстремальном влиянии данного фактора на организм.

О значительном снижении резистентности раков к стрессовым факторам свидетельствуют данные таблицы 9.

Таблица 9 – Гибель молоди австралийских раков при экспериментальной гипоксии (содержание кислорода 0,1-0,23 мг/л), %

Время экспозиции, час	0	12	13	14	15	16	17	18
Вариант 1		20	40	50	70	100	-	-
Вариант 2		0	0	10	10	30	30	50

Примечание:

1. Вариант 1 – раки, предварительно испытывавшие гипоксию в течение 5 часов за сутки до опыта.

2. Вариант 2 – раки, не подвергавшиеся ранее воздействию гипоксии

Результаты, показанные в таблице 3, можно интерпретировать однозначно: несмотря на то, что гипоксия не всегда приводит к непосредственной гибели раков, её губительное влияние проявляется в виде остаточных явлений, которые значительно снижают толерантность животных к повторным воздействиям стресс-факторов.

Исследование толерантности австралийских раков к воздействию соединений азота. Нитриты - это продукт биологической переработки органических и азотсодержащих субстанций типа остатков корма и продуктов жизнедеятельности ракообразных. В уже «созревшем» аквариуме многочисленные бактерии быстро превращают нитриты в куда более безопасные нитраты, а вот в новом аквариуме дело обстоит иначе. Бактерий-нитрификаторов здесь пока еще мало, а потому происходит лавинообразное накопление нитритов - так называемый нитритный пик. Нитриты подавляют газообменные процессы в жабрах, а точнее, в тонких жаберных лепестках. Через жабры нитриты попадают в кровь раков и блокируют гемоглобин, отвечающий за перенос кислорода. Газообмен нарушается, и наступает гибель от удушья. Обычно повышенное их содержание наблюдается на стадии зарядки

биофильтра, а также при перегрузках. Рыбы иногда выдерживают концентрацию нитритов до 1-2 мг/л, но непродолжительное время, при этом темп роста рыбы резко снижается. При низких значениях pH действие нитритов усиливается. Снизить их токсическое действие можно внесением в систему поваренной соли в сочетании с хлоридом кальция в количестве 0,5—0,8-г/м³ на каждые 0,1 г/м³ нитритного азота.

Аммонийный азот (NH₄) - один из биогенных элементов, активно участвующий в биогидроценозах. Содержание аммонийного азота в воде водоемов подвержено значительным сезонным колебаниям: весной уменьшается, летом увеличивается за счет усиления бактериального разложения органических веществ. В целом повышенное содержание аммония указывает на ухудшение санитарного состояния водоема, поэтому его контроль имеет важное значение для оценки состояния водной экосистемы. Белковый азот в результате аммонификации разлагается до аммонийного. Наиболее интенсивно азот используется в период логарифмической фазы роста клеток, а в

период окисления клеток азот высвобождается вновь в виде аммиака. Выделившийся аммонийный азот может окисляться до нитритов и нитратов либо повторно использоваться для нового цикла синтеза.

Сам по себе ион аммония NH_4^+ не ядовит для ракообразных, как и в случае с CO_2 , организм рака выделяет свободный аммиак NH_3 через жабры. Выделение аммиака, как правило, прямо пропорционально количеству съеденного корма, обратно пропорционально кормовому коэффициенту и зависит сильно от состава корма. Аммиак и ион аммония находятся в химическом равновесии $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_4^+$, которое в щелочной среде смещается влево – связывание ионов водорода, а в кислой вправо. Кроме pH сильно влияет температура (табл.10).

Таблица 10 – Зависимость соотношения свободного и связанного аммиака

Температура °C	Содержание NH_3 (в %) при значениях pH							
	6,0	7,0	7,5	8,0	8,2	8,4	8,6	8,8
25	0,05	0,53	1,70	5,1	7,8	11,9	17,6	25,3
15	0,03	0,26	0,80	2,5	3,9	6,1	9,2	14,0
5	0,01	0,12	0,37	1,2	1,8	2,9	4,5	6,9

Концентрация свободного аммиака, с которой начинается угнетение большинства видов ракообразных составляет 5 мг/л. Исходя из этого, в типичном УЗВ при температуре 27°C и pH = 7,5 доля свободного аммиака от общего составит 1,2%, т.е. 0,05. Отсюда максимальная общая концентрация аммония может составлять $0,05/0,012 = 4$ мг/л. Очевидно, что при большем pH или более высокой температуре меньше, да и держать постоянно вблизи критических значений нельзя, поэтому в УЗВ обычная концентрация общего аммония поддерживается в пределах 1 – 2 мг/л.

Поэтому высокие уровни NH_3 в окружающей среде могут вызывать стресс у водных животных, нарушая их способность размножаться и расти. Кроме того, они могут повредить различные органы, такие как жабры, печень, почки, селезенку и ткани щитовидной железы, вызывая нарушения метаболизма и повышая восприимчивость к бактериальным и паразитарным заболеваниям.

По сравнению с рыбой и другими ракообразными информация о токсичности NH_3 для раков по-прежнему весьма ограничена. Известно, что NH_3 может изменять некоторые физиологические реакции, такие как сердечный ритм и ионный баланс гемолимфы у раков (Harris at. al., 2001).

Влияние аммонийного азота исследовали в диапазоне концентраций от 1,0 до 20,0 мг/л. Необходимая концентрация аммонийного азота создавалась внесением соли сульфата аммония – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. В опытах использовалась молодь раков массой 3-5 г, в количестве 50 штук. Опыты проводились в трёх повторностях, использовались опытные и контрольные раки (табл. 11).

Таблица 11 – Гибель молоди австралийских раков при экспериментальном воздействии аммонийного азота, %

Концентрация аммония, мг/л	Экспозиция, час							
	0	5	10	11	12	13	14	15
2,0		0	0	0	0	0	0	0
10,0		0	0	0	0	0	0	5
20,0		0	0	0	5	5	10	20

Очень вредно накопление аммонийного азота до концентрации 10 мг/л, которая приостанавливает их рост, а повышение концентрации до 20 мг/л приводит к гибели речных раков. Концентрация аммиака в воде, особенно при выращивании раков в аквариумах, не должна превышать 2 мг/л.

Установлена высокая устойчивость молоди австралийских раков к экспериментальному влиянию аммонийного азота. Выявлено, что концентрация 2 мг/л не оказывает влияния на исследуемых ракообразных, а концентрация 20 мг/л вызывает гибель 40 % особей после 15 часов эксперимента.

Проведёнными опытами показана высокая устойчивость молоди австралийских раков к экспериментальному влиянию аммонийного азота.

Был проведен ряд исследований по летальному воздействию NH_3 на разные виды ракообразных, такие как *Litopenaeus vannamei*, *Penaeus monodon* и *Eriocheir sinensis* (Zhao, Y. 2000).

Romero, X. (2002) установил, что гибель *Cherax quadricarinatus* происходит при концентрации NH_3 - 29,3 мг/л при температуре 28 °C (pH 8,3).

Pavasovic, A. (2007) показал гибель раков при концентрации NH_3 - 45,9 мг/л (pH 7,5±2) при температуре 28 °C.

В данном исследовании концентрация 20 мг/л вызвала гибель 40% особей (pH 7,1) при температуре 27 °C.

Такая разница между исследованиями может быть обусловлена различными экспериментальными условиями, такими как pH, температура и солёность, которые могут изменить равновесие между неионизированным NH_3 и ионом аммония (NH_4^+) в воде.

Закключение. Из всех ракообразных десятиногие раки издавна пользуются наиболее широкой известностью. Так как благодаря своим крупным размерам и отличным вкусовым качествам некоторые десятиногие ракообразные служат важным объектом промысла. Пресноводные креветки и раки играют важную роль в экономике мирового рыболовства, особенно в странах, имеющих ресурсы промысла или условия для их разведения (Австралия, Мехико, Таиланд, США, Бразилия и др.). Это связано с их высокой стоимостью и устойчивым ростом спроса на эту продукцию.

Все большее распространение получает культивирование десятиногих раков в искусственных условиях, которые сильно различаются в зависимости от особенностей того или иного региона. Искусственное разведение позволяет не только дополнительно получать ценную пищевую продукцию, но и снижает пресс промысла на природные популяции ракообразных, что особенно важно для сохранения биоразнообразия. Одним из путей повышения рентабельности выращивания десятиногих ракообразных является производство однополых популяций, состоящих только из самцов, т.к. самцы десятиногих раков заметно отличаются от самок более интенсивным ростом массы и достижением более крупных размеров (Пономарев С. В. с соавт., 2007).

Австралийский рак является жизнестойким и неприхотливым видом, легко переносящим неблагоприятные условия, характеризуется простым жизненным циклом. Для выращивания и разведения применяется достаточно простая производственная технология, требующая несложных технологий и оборудования.

В России культивирование таких видов еще не имеет достаточного развития, хотя в южных регионах страны, в том числе Астраханской области, имеются благоприятные условия для их искусственного разведения и товарного выращивания.

Важным фактором при искусственном разведении пресноводных раков служат условия существования организмов. Австралийский рак может выживать при низком содержании кислорода и высоком содержании нитратов. Оптимальные параметры для содержания при условии высокого темпа роста – рН 8, жесткость 5 – 15, температура воды – 28°C, кислород – 7 мг/л.

Температура воды имеет огромное значение в жизнедеятельности гидробионтов, их движении, питании, росте, размножении. Отмечено, что существуют оптимальные условия, при которых каждый вид чувствует себя хорошо и все жизненные процессы протекают наилучшим образом. Так, у австралийских раков наиболее интенсивное питание наблюдается при температуре 28 °C. Выше и ниже определенной температуры десятиногие раки вообще прекращают

питаться. Понижение температуры воды замедляет жизненные процессы в организме ракообразных, а повышение ее, но до известных пределов, активизирует их. Перегрев воды уменьшает содержание в ней растворённого кислорода, и что может вызвать даже гибель гидробионтов (Винберг Г.Г., 1968).

Высокие уровни NH_3 в окружающей среде могут вызывать стресс у водных животных, нарушая их способность размножаться и расти. Кроме того, они могут повредить различные органы, такие как жабры, печень, почки, селезенку и ткани щитовидной железы, вызывая нарушения метаболизма и повышая восприимчивость к бактериальным и паразитарным заболеваниям.

Таким образом, результаты, представленные в данной статье, позволяют выявить ряд закономерностей устойчивости *Cherax quadricarinatus* к экстремальным факторам, которые могут быть применены при исследовании процессов размножения раков в природной среде, при оценке и прогнозе численности их естественных популяций. Результаты исследований могут быть востребованы специалистами, занимающимися усовершенствованием технологий культивирования десятиногих раков в искусственных условиях. Поэтому знание уровней толерантности выращиваемых раков к экстремальным показателям среды должно помочь более эффективному и рентабельному культивированию данного объекта.

Выводы. 1. Установлено, что интервал температур 24-30°C позволяет наиболее полно реализовать физиологический потенциал тропических раков на ранних стадиях онтогенеза. Выявлено, что наибольший прирост раков был при температуре выращивания от 24 до 30°C и составил 0,61 г за 40 суток. Показано, что высокая выживаемость была при температуре 28-30°C и составила 88 %, что на 16 % больше, чем при температуре 20-22 °C.

2. Выявлено, что молодь австралийских раков устойчива к дефициту кислорода. Так, двигательная активность раков сохранялась при снижении содержания кислорода до 1,4-1,5 мг/л. Установлено, что критический уровень содержания кислорода для австралийского рака составляет менее 0,1 мг/л. При этом гибель составила 10 %. Выявлено, что дефицит кислорода проявляется не только в виде непосредственной гибели раков, но и развитием остаточных явлений, что выражается в снижении резистентности раков, подвергшихся гипоксии, при повторном воздействии стресс-факторов среды.

3. Установлена высокая устойчивость молоди австралийских раков к экспериментальному влиянию аммонийного азота. Выявлено, что концентрация 2 мг/л не оказывает влияния на исследуемых ракообразных, а концентрация 20 мг/л вызывает гибель 20 % особей после 15 часов эксперимента.

Список литературы

1. Александрова, Е.Н. Микологическое исследование поражений внешних покровов речных раков./ Е.Н. Александрова, Г.И. Пронина, Н.Ю. Корягина // Материалы международной научно-практической конференции (23-27 августа 2004 г., Минск). – Минск, 2004. – С. 266-269.
2. Александрова, Е.Н. Культивирование речных раков в неспускных водоемах по пастбищному типу./ Е.Н. Александрова, В.И. Белякова, Р.Р. Борисов, Е.А. Комарова, Н.Ю. Корягина, Г.И. Пронина - Аквакультура и интегрированные технологии: проблемы и возможности - М.: Россельхозакадемия, 2005, С.86-96.
3. Борисов, Р.Р. Проблемы аквакультуры // Р.Р. Борисов, Р.О. Лебедев – М., 2007.- Вып. 2. – С 23-25.
4. Борисов, Р.Р. Явление каннибализма у десятиногих ракообразных при содержании в искусственных условиях./ Р.Р. Борисов, А.Г. Тертицкая - Проблемы аквакультуры: Межведомственный сборник научных и научно-методических трудов. – М, 2005. – С. 267-271.
5. Борисов, Р.Р. Биология и культивирование австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) / Р. Р. Борисов, Н. П. Ковачева, М. Ю. Акимова, А. В. Паршин - Чудин. - М.: Изд-во ВНИРО, 2013. - 48 с.
6. Валиев, М.С. Культивирование австралийских красноклешневых раков (*Cherax quadricarinatus*) в УЗВ // Рыбохозяйственные исследования на внутренних водоемах: Материалы науч. конф. (19-21 апреля 2016 г., г. Санкт-Петербург). – Санкт-Петербург, 2016. – С. 30-38.
7. Винберг, Г.Г. Зависимость скорости развития от температуры / Г. Г. Винберг // В кн.: Методы определения продукции водных животных. – Минск, 1968. – С. 59-71.
8. Винленкин, Б.Я. Влияние температуры на морских животных / В кн.: Биология океана. – М., 1977. – Т.1. – С.18-26.
9. Голованова, И.Л. Влияние повышения температуры воды и содержания ртути в корме на устойчивость пищеварительных карбогидраз карпа к действию тяжелых металлов // Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб. – М., 2004. – С. 287-294.
10. Голованова, И.Л. Влияние природных и антропогенных факторов на гидролиз углеводов у рыб и объектов их питания : Автореф. дис.докт. биол. наук / И. Л. Голованова. – СПб., 2006. – 46 с.
11. Диксон, М. Ферменты: Пер. с англ // Э. Уэбб. – М.: Мир, 1982. – Т.1. – 392 с.

12. Загускин, С.Л. Внутриклеточная регуляция потребления кислорода в нейроне рецептора растяжения речного рака./ С.Л. Загускин, Л.Д. Загускина, С.С. Загускина // М.: Цитология.-2007.-49,№10.-832-838с.
13. Киреев, И.Р. Рыба и раки в домашнем пруду. – М., 2007. – 463с.
14. Коган, В.А. Влияние температуры на некоторые стороны эмбриогенеза гидробионтов (математический анализ) : дис. ...канд. биол. наук : 03.00.18, 03.00.11 / В. А. Коган. –Москва, 1984. –125 с.
15. Константинов, А.С. Общая гидробиология: учебник для ун-ов // Изд. 3-е, перераб. и доп. –М.: Высш. шк., 1979. –480с.
16. Кузьмина, В.В. Влияние температуры, pH и тяжелых металлов (медь, цинк) на активность протеиназ слизистой оболочки пищеварительного тракта типичных и факультативных ихтиофагов./ В.В Кузьмина, Н.В. Ушакова // Ворп. ихтиол. –2007. –Т.47. –№4. –С. 566-573.
17. Лагуткина, Л. Ю. Новый объект тепловодной аквакультуры –австралийский красноклешневый рак (*Cherax quadricarinatus*)./ Л. Ю. Лагуткина, С. В. Пономарев // Рыбное хозяйство. Вестник Астрахан. гос. техн. ун-та. –Астрахань: Изд-во АГТУ. – 2008. –№ 6 (47). –С. 220-223.
18. Лагуткина, Л. Ю. Способ выращивания австралийских раков (*Cherax quadricarinatus*)./ Л. Ю. Лагуткина, С. В. Пономарев // Вестник Астраханского государственного университета: Естественные науки. –2010. –№4 (33). –С. 64-68.
19. Лозан, Р. Азотсодержащие соединения и их превращения в экосистемах. Кишенев:// Вода и здоровье.-2009. - Режим доступа: <http://www.necso.ru/pages-2.html>
20. Мельник, Е.А. Биоэлектронная система контроля токсикологической безопасности биологически очищенных сточных вод./ Е.А. Мельник, О.Н. Рублевская, Г.А. Панкова, С.В. Холодкевич, А.В. Иванов, Е.Л. Корниенко, С.В. Сладкова, В.А. Любимцев, А.С. Куракин // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. №1. С.7-12.
21. Мошаров, А. Влияние температуры среды на pH.- С.-П. Аквариумистика, -2004.- 29с
22. Нефедов, В.Н. Отечественный опыт культивирования раков.- М., ВНИ и, ПКИЭИ и АСУ, вып.1, 1991,- 81с.
23. Нгуен, Т. Т. Эффективность монокультивирования самцов десятиногих раков./ Т. Т. Нгуен, В. Н. Крючков // Теоретические и практические проблемы развития современной науки: Сб. материалов 3-й международной науч.-прак. конф. - Махачкала: ООО «Апробация», 2013. – С. 44-47.

24. Нгуен, Т. Т. Влияние температуры на рост и изменение пола у австралийских раков *Cherax quadricarinatus*. / Т. Т. Нгуен, В.Н. Крючков, И.В. Мельник // Научный журнал «Магистрант», № 5-6, 2014. – С. 3-7.

25. Нгуен, Т. Т. Особенности развития половой системы у некоторых десятиногих раков (на примере *Cherax quadricarinatus* и *Macrobrachim rosenbergii*). / Т. Т., Нгуен, В.Н. Крючков // Биология и геоэкология: Тезисы докладов Международной научной конференции профессорско-преподавательского состава Астрахан. гос. техн. ун-та (58 ППС). Астрахань: Изд-во АГТУ, 2014. – С. 17-22.

26. Пономарев, С. В. Фермерская аквакультура / С. В. Пономарев, Л. Ю. Лагуткина, И. Ю. Киреева. Москва: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации ФГУП «ГВЦ Минсельхоза России», 2007. –192 с.

27. Пронина, Г.И. Влияние жесткости среды на состояние клеточного иммунитета речных раков. / Г.И. Пронина, Н.Ю. Корягина // Бюллетень московского общества испытателей природы. Отдел биологический, Т. 114, вып. 3, приложение 1, 4.2. - М., 2009. - С. 283-284.

28. Пронина, Г.И. Влияние повышенного содержания азотсодержащих соединений в водной среде на физиологическое состояние речных раков. / Г.И. Пронина, Н.Ю. Корягина // Бюллетень Московского общества испытателей природы (МОИП) отдел биологический, 2011, Т. 116. №3. – С. 32-37.

29. Рахманов, А.И.. Речные раки. Содержание и разведение. - М.: ООО «Аквариум-Принт», 2007. — 48с.

30. Ручин, А. Б. Изучение действия температуры и освещенности на рост и развитие личинок травяной лягушки (*Rana temporaria*) // Зоологический журнал. –Саранск, 2004. –Т. 83. –No 12. – С. 1463-1467.

31. Скурлатов, Ю. И. Введение в экологическую химию водной среды. / Ю. И. Скурлатов Г. Г. Дука, Е. В. Штамм // Ecological Chemistry: Latest Advances: The Third Int. Conf., 20-21 May 2005 : book of proc. Chişinău. 2005.- С. 78-85.

32. Ульянова, А.С. О внедрении тропических видов в аквакультуру в южных регионах России. / А.С. Ульянова, В.Н. Крючков, А.И. Хорошко, А.В. Крючков // Фундаментальные и прикладные исследования университетов, интеграция в региональный инновационный комплекс: докл. мол. учёных в рамках программы «У.М.Н.И.К.» Астрахан. гос. техн. университет. - Астрахань: Изд-во АГТУ, 2010. – Т.2. – С. 138-141.

33. Хмелева, Н.Н. Закономерности размножения ракообразных // - Минск: Наука и техника, 1988. - 205 с.
34. Хмелева, Н. Н. Пресноводные креветки / Н. Н. Хмелева, В. Ф. Кулеш, Ю. Г. Гигиняк // - Москва, Агропромиздат, 1989. - 129 с.
35. Хорошко, А. И. Новые направления прудовой аквакультуры в южных регионах России./ А. И. Хорошко, В. Н. Крючков // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса, 2010. - №2. - С. 51-55.
36. Хофштэттер, К.В. Креветки и раки в аквариуме. – М. 2008. 118 с.
37. Barki, A. Growth of red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in a three-dimensional compartments system: Does a neighbor matter? / A. Barki, I. Karplus, R. Manor, S. Parnes, E. D. Aflalo, A. Sagi // Aquaculture. –2006. –No 252. –P. 348-355.
38. Belle, C.C. New observations of the exotic Australian red-claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (Crustacea: Decapoda: Parastacidae) in Singapore / C. C. Belle, D. C. J. Yeo // Nature in Singapore, 2010. –No3. –P. 99-102.
39. Borisov, R.R. The process of the tail fan formation in freshwater crayfish./ R.R. Borisov, A.G. Tertitskaya // Freshwater crayfish . 2010. V. 17. P. 235-238.
40. Carolina ,T. Effect of long-term exposure to high temperature on survival, growth and reproductive parameters of the “redclaw” crayfish *Cherax quadricarinatus* / T. Carolina, P. Yanina, S. Laura, G. Lopez // Aquaculture 302 - 2010 - P. 49–56.
41. Carvalho, C. S. Effect of temperature on copper toxicity and hematological responses in the neotropical fish *Prochilodus scrofa* at low and high pH./ C. S. Carvalho, M. N Fernandes // Aquaculture. –2006. –Vol. 251. –P. 109-117.
42. De Bock, M. S. Sex reversal and growth performance in juvenile females of the freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Parastacidae): effect of increasing temperature and androgenic gland extract in the diet./ M. S. De Bock, L. S. Lopez - Greco // Aquacult Int. –2010. –No18. –P. 231-243.
43. FAO. 2013. *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1968) at <http://www.fao.org> (01.07.13).
44. Figueiredo, G.M. The role of the generally unrecognised micro-prey source as food for larval fish in the Irish Sea./ G.M. Figueiredo, R.D.M. Nash, D.J.S. Montagnes // Marine Biology. – 2001. - P. - 148, 395–404.

45. Garcí'a-Guerrero, M. Effect of temperature on lipids, proteins, and carbo-hydrates levels during development from egg extrusion to juvenile stage of *Cherax quadricarinatus* (Decapoda,Parastacidae) / M. Garcí'a-Guerrero, H. Villarreal, I.S. Racotta// *Comp Biochemist Physiol. Part A.* –2003. –No 138. –P. 147-154.
46. Gutierrez-Yurrita, P. J. The problem of introducing alien crayfish. *Cray-fish News* // Newsletter of the International Association of Astacology. –2005. –Vol. 27. –No2. –P. 12-13.
47. Jones, C. M. Breeding Red claw. Management and Selection of Brood stock / C. M. Jones, C. P. McPhee, I.M. Ruscoe // Queensland Department of Primary Industries Information Series Q198016. – 1998. –P. 117-156.
48. Karplus, I. The soft red patch of the Australian freshwater crayfish (*Cherax quadricarinatus* (von Martens)): a review and prospects for future research. / I. Karplus, A. Sagi, I. Khalaila, A. Barki // *Journal of Zoology.* –2003. –Vol. 259. –No 4. –P. 375-379.
49. Khalaila, I. Effects of 509 implantation of hypertrophied androgenic glands on sexual characters and 510 physiology of the reproductive system in the female red claw crayfish, *Cherax* 511 *quadricarinatus*./ I. Khalaila, T. Katz, U. Abdu, G. Yehezkel, A. Sagi // *Gen. Comp. Endocrinol.* – 2001. – P. 121, 242-249.
50. King, C. Growth and survival of redclaw crayfish hatchlings (*Cherax quadricarinatus* von Martens) in relation to temperature, with comments on the relative suitability of *Cherax quadricarinatus* and *Cherax destructor* for culture in Queensland. *Aquaculture*, 1994. – P. 75-80.
51. Lawrence, C. Biology of Freshwater Crayfish./ C. Lawrence, C. Jones // *Cherax*. In: D. M. Holdich (ed). - Blackwell Science, Oxford, 2002. - Chapter 17. - P. 635 - 670.
52. Liane, S. Nutritional vulnerability and compensatory growth in early juveniles of the “redclaw” crayfish *Cherax quadricarinatus*./ S. Liane, S. C. Natalia, P. Silvia // *Aquaculture.* - 2010. №304. P.34–41.
53. Manor, R. Intensification of red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* culture II Growth out in a separate system./ R. Manor, R. Seguev, M. Leibovitz, E. D. Aflalo, A. Sagi // *Aquacult. Eng.*, 2002. - № 26. -P. 263-276.\
54. McPhee, C. P. Selection for increased weight at nine months in red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*)/ C. P. McPhee, C. M. Jones, S. A. Shanks // *Aquaculture.* - 2004. - № 237. - P. 131 -140.
55. Meade, M. E. Toxicity of ammonia, nitrite and nitrate to juvenile Australian crayfish *Cherax quadricarinatus*./ M. E. Meade, S. A. Watts // *Journal of Shellfish Research.* - 1995. - Vol. 14 (2). - P. 341-346.

56. Michael, P. Australian Red Claw Crayfish./ P. Michael, B. R. David // Southern Regional Aquaculture Center, 1997. - № 244. - 20p.
57. Naranjo - Pa`ramo, J. Effect of stocking density on growth, survival and yield of juvenile redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastactidae) in gravel-lined commercial nursery ponds./ J. Naranjo - Pa`ramo, A. Hernandez-Llamas, H. Villarreal // Aquaculture. - 2004. - №242 P. 197 -206.
58. Richardson, D.M. Pine invasions in the Southern Hemisphere: determinants of spread and invadability. *Journal of Biogeography*./ D.M. Richardson, P.A. Williams, R.J. Hobbs // – 1994. – P. 21, 511–527.
59. Romero, X. Histopathological survey of diseases and pathogens present in red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Von Martens), cultured in Ecuador./ X. Romero, R. Jimenez // *Journal of Fish Diseases*. - 2002. - №25. - P. 653-667.
60. Pavasovic, A. Influence of dietary protein on digestive enzyme activity, growth and tail muscle composition in red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens)./ A. Pavasovic, A. J. Anderson, P. B. Mather, N. A. Richardson // *Aquaculture Research*. –2007. –No 38. –P. 644-652.
61. Romero, X. Histopathological survey of diseases and pathogens present in red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Von Martens), cultured in Ecuador./ X. Romero, R. Jimenez // *Journal of Fish Diseases*. - 2002. - №25. - P. 653-667.
62. Sagi, A. The androgenic gland and monosex culture of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*: a biotechnological perspective./ A. Sagi, E. D. Aflalo // *Aquac. Res.* 2005. N 36. P. 231-237.
63. Sandifer, P. A. observation of salinity tolerance and osmoregulation in laboratory - reared *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae (Crustacea, Caridea)./ P. A. Sandifer et al // *Aquacult.* - 1985. - № 2. - P. 103-114.
64. Saoud, I. P. A review of the culture and diseases of red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens 1868)./ I. P. Saoud, J. Ghanawi, K. R. Thompson, C. D. Webster // *Journal of the World Aquaculture Society*. - 2013. - Vol. 44. № 1. - P. 1- 29.
65. Shechter, R. Infiltrating blood-derived macrophages are vital cells playing an anti-inflammatory role in recovery from spinal cord injury in mice./ R. Shechter, A. London, C. Varol, C. Raposo, M. Cusimano, G. Yovel, A. Rolls, M. Mack, S. Pluchino, G. Martino // *PLoS Med.* 2008. – P. 364-370
66. Shechter, A. A gastrolith protein serving a dual role in the formation of extracellular matrix containing an amorphous mineral./ A. Shechter, L. Glazer, S. Chaled, E. Mor, S. Weil, A. Berman // *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015. – P. 76-83

67. Thompson, K. R. Evaluation of practical diets containing different protein levels, with or without fish meal, for juvenile Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). / K. R. Thompson, L. A. Muzinic, L. S. Engler, C. D. Webster // *Aquaculture*. -2005. - №244. P.241-249.
68. Vazquez, F. J. Intersex females in the claw red crayfish, *Cherax quadri-carinarus*(Decapoda: Parastacidae)./ F. J. Vazquez, L. S. Lopez // *Rev. Biol. Trop.* –2007. Vol. 55. –No 1. –P. 25-32.
69. Verhoef, G. D. Combined effects of temperature and density on the growth and survival of juveniles of the Australian freshwater crayfish / G. D. Verhoef, C. M. Austin // *Cherax destructor* Clark, Part 1. *Aquaculture*. –1998. –No 170. –P. 37-47.
70. Veronica, E. V. Contribution of biofilm to water quality, survival and growth of juveniles of the freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda, Parastacidae)./ E. V. Veronica, M. O. Juan, T. E. Analia, L.C. Ballester, C. A. Paulo, M. R. Enrique // *Aquaculture*. - 2012. - №324-325. P. 70–78.
71. Viet Chuong. The technology of growing lobster, giant tortoises and freshwater shrimp / Viet Chuong. - Ho Chi Minh (in Vietnam), 2007. - 76 p.
72. West, P. A. Identification and classification of Vibrionaceae - an overview. In: Colwell, R. R. (ed.) *Vibrios in the environment*. John Wiley and Sons, New York, 1981. - P. 285-363
73. Williams, E.H. Jr. A review of recent introductions of aquatic invertebrates in Puerto Rico and implications for the management of non-indigenous species./ E.H.Jr. Williams, L. Bunkley-Williams, C.G. Lilyestrom, E.A.R. Ortiz-Corps // *Caribbean Journal of Science*, Vol. 37, 2001. - No. 3-4, P. 246-251.
74. Wingfield, M. An Overview of the Australian freshwater crayfish farming industry // *Freshwater Crayfish*. –2002. –No 13. –P. 177-184.
75. Yeh, H.S. Indoor spawning and egg development of the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*./ H.S. Yeh, D.B. Rouse // *Journal of the World Aquaculture Society*, 1994. - 25 (2), 297-302.
76. Yeh, H.S. Effects of water temperature, density and sex ratio on the spawning rate of red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens)./ H.S. Yeh, D.B. Rouse // *Journal of the World Aquaculture Society*, 1995. - 26 (2), 160-164.
77. Zar, J.H. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 2004. – P. 48
78. Zhao, Y. Effects of different gradient temperatures on embryonic development of the *Cherax quadricarinatus* (Crustacea, Decapoda)./ Y. Zhao, F. Meng, L. Chen, Z. Gu, G. Xu, Q. Liu // *J Lake Sci.* –2000. –No 12. –P. 59-62