



005002050

На правах рукописи

Тырин

Тырин Дмитрий Владимирович

**БИОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОДЕРЖАНИЯ КАМЧАТСКОГО
КРАБА *PARALITHODES SAMTSCHATICUS* И АМЕРИКАНСКОГО
ОМАРА *NOMARUS AMERICANUS* В УСТАНОВКАХ С ЗАМКНУТЫМ
ВОДОИСПОЛЬЗОВАНИЕМ**

06.04.01 - рыбное хозяйство и аквакультура

24 НОЯ 2011

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Москва - 2011

Работа выполнена в лаборатории онтогенеза и методов восстановления
численности ракообразных
Всероссийского научно-исследовательского института рыбного
хозяйства и океанографии (ФГУП "ВНИРО")

Научный руководитель: доктор биологических наук
Ковачева Николина Петкова

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор
Власов Валентин Алексеевич
кандидат биологических наук, доцент
Баранов Алексей Анатольевич


Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский
институт ирригационного рыбоводства (ГНУ
ВНИИР)

Защита диссертации состоится « 22 » декабря 2011 года в 14-час. на заседании диссертационного совета Д 220.043.12 при Российском государственном аграрном университете - МСХА имени К. А. Тимирязева по адресу: 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, учёный совет РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, тел. (факс): (499) 976-24-92.

С диссертацией можно ознакомиться в ЦНБ Российского государственного аграрного университета - МСХА имени К. А. Тимирязева

Автореферат разослан «15» ноября 2011 года и размещён в сети Интернет на сайте университета www.timacad.ru и направлен на сайт ВАК referat_vak@mov.gov.ru

Учёный секретарь
диссертационного совета

 А.П. Каледин

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. В 2000-е годы аквакультура стала одним из наиболее развивающихся направлений получения пищевой продукции. В России, как во внутренних пресноводных водоёмах, так и в морях, в 2010 году было добыто 3499000 тонн гидробионтов, из которых 59000 тонн приходится на ракообразных. Камчатский краб *Paralithodes camtschaticus*, Tilesius, 1815 и американский омар *Homarus americanus*, Milne-Edwards, 1837 круглогодично пользуются стабильным спросом у потребителей, как в России, так и за рубежом. Удовлетворение высокого спроса на эти виды в живом виде требует расширения работ по их выращиванию и содержанию в искусственных условиях. Интенсивная технология содержания ценных промысловых видов вне регионов их промысла предусматривает использование бассейновых комплексов с проточным или замкнутым циклом водоиспользования. Это связано с уменьшением расходов на транспорт, увеличением скорости поставки и обеспечением круглогодичного предложения, что в условиях удалённости от мест промысла, может обеспечить только система установок замкнутого типа водоиспользования (УЗВ).

В УЗВ возможно создание и регулирование условий обитания гидробионтов, соответствующих их физиологическим потребностям. Основа любых УЗВ - блок регенерации воды, главным элементом которого является система биологической очистки, процессы которой значительно затруднены из-за специфики холодной морской воды, необходимой для данных видов.

Кроме этого, возможным путём пополнения запасов биоресурсов, их рациональной эксплуатации и эффективного использования может стать активизация искусственного воспроизводства камчатского краба с выпуском в море жизнестойкой молоди и повышения качества некондиционных особей и пререкрутов при их содержании (доращивание). Промысловый пресс на популяцию омара в последние годы и усиливающееся загрязнение прибрежных вод индустриально развитого атлантического побережья Канады и США определяют актуальность культивирования и этого вида, однако, с точки зрения российского общества, более актуально развитие технологии предпродажного содержания американского омара.

Цель и задачи исследований. Цель данной работы - установить основные биотехнические параметры содержания морских холодноводных ракообразных в условиях УЗВ. В соответствии с этим необходимо было решить следующие задачи:

1. Определить количество выделяемого общего аммония и потребляемого растворённого кислорода объектами исследования за единицу времени на 1 кг живой массы при разной температуре воды.

2. Выявить особенности динамики содержания минеральных форм азота в воде при содержании камчатского краба на разных стадиях развития.

3. Оценить влияние количества задаваемого корма на качество воды при разных температурах.

4. Изучить возможность интенсификации стартового периода биологической очистки и определить лучший наполнитель для биофильтров в условиях холодной морской воды.

5. На основе полученных данных сформулировать рекомендации по проектированию УЗВ для содержания объектов исследования.

Научная новизна. Впервые определены удельные величины выделения аммония и потребления кислорода камчатским крабом и американским омаром при разной температуре воды. Проведены комплексные исследования по изучению процессов биологической очистки холодной морской воды в УЗВ. Сформулированы основные биотехнические элементы содержания камчатского краба и американского омара в УЗВ.

Практическая значимость работы. Даны рекомендации по созданию УЗВ для содержания камчатского краба и американского омара.

Положения, выносимые на защиту.

1. Определены параметры обмена веществ камчатского краба и американского омара и исследована динамика концентраций азотистых соединений в воде при содержании объектов исследования в УЗВ, что позволяет правильно спроектировать системы жизнеобеспечения.

2. Определён оптимальный наполнитель для биофильтра и установлено, что внесение источника азота в сочетании с постепенным понижением температуры воды обеспечивает интенсификацию стартового периода биологической очистки холодной морской воды.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены на международных научно-практических конференциях и семинарах: «Рациональное использование водных экосистем - перспективное направление реализации национального проекта «Развитие АПК» (Москва, 2007), «Вклад молодых учёных в развитие инноваций аграрной науки» (Москва, 2009), «Проблемы аквакультуры» (Москва, 2009), «Arctic and sub-Arctic biological resources: potential for biotechnology» (Петрозаводск, 2010), «Aquaculture Europe - 2010 и - 2011» (Порту, Португалия, 2010; Родос, Греция, 2011), «Аквакультура Центральной и Восточной Европы: настоящее и будущее» (Кишинёв, Молдова, 2011).

Публикации результатов исследований. По теме диссертационной работы опубликовано 11 работ, из них 4 - в изданиях, рекомендуемых ВАК.

Объём и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов, рекомендаций производству и списка литературы. Рукопись изложена на 141 страницах, включает 19 таблиц и 44 рисунка. Список литературы содержит 129 литературных источников, из них 53 - на английском языке.

Личный вклад автора. Все экспериментальные работы, анализ и обработка их результатов проведены автором самостоятельно под общим научным руководством д.б.н. Ковачевой Н.П., а также с консультациями д.с.-х.н. Жигина А.В. (директор НИЦ ФГУП «Наурыбресурс»). Выполнение гидрохимических измерений проводилось совместно с научными сотрудниками лаборатории Назарцевой М.Ю. и Шакула Л.А. Один из экспериментов по изучению биологической очистки воды проведён на основе дипломной работы под руководством к.с.-х.н., доцента кафедры аквакультуры РГАУ-МСХА Завьялова А.П.

Список используемых сокращений и терминов.

УЗВ - установка с замкнутым водопользованием

ЖМ - живая масса

ПДК - предельно допустимая концентрация

Азотистые соединения - аммоний, нитриты, нитраты

Стартовый период биологической очистки воды - её начальный этап: время нарастания биомассы бактерий, перерабатывающих азотистые соединения

Зоэа - планктонная личинка камчатского краба (I-IV стадии)

Глаукотое - постличинка камчатского краба

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являлись морские виды отряда Decapoda: камчатский краб на всех стадиях его развития и взрослые американские омары. Всего использовано 354 взрослых особи. Период проведения работ - с 2005 по 2010 годы. Работы проводились в аквариальной лаборатории онтогенеза и методов восстановления численности ракообразных ФГУП «ВНИРО», на комплексах для предпродажной передержки гидробионтов в г. Москва (ООО «Водный Мир», ООО «LaMarée»), на бассейновом комплексе в посёлке Ура-Губа (Мурманская область), а также в ООО «Морской аквариум» (Москва). В экспериментах, проведённых в Москве, использовали искусственную морскую воду, приготовленную путём разведения смеси морских солей в водопроводной воде, пропущенной через мембранную

установку обратноосмотической очистки. Поддерживали солёность 30-35%.
 Схема исследований представлена на рисунке 1, а принципиальные схемы установок, используемых в экспериментах - на рисунке 2.

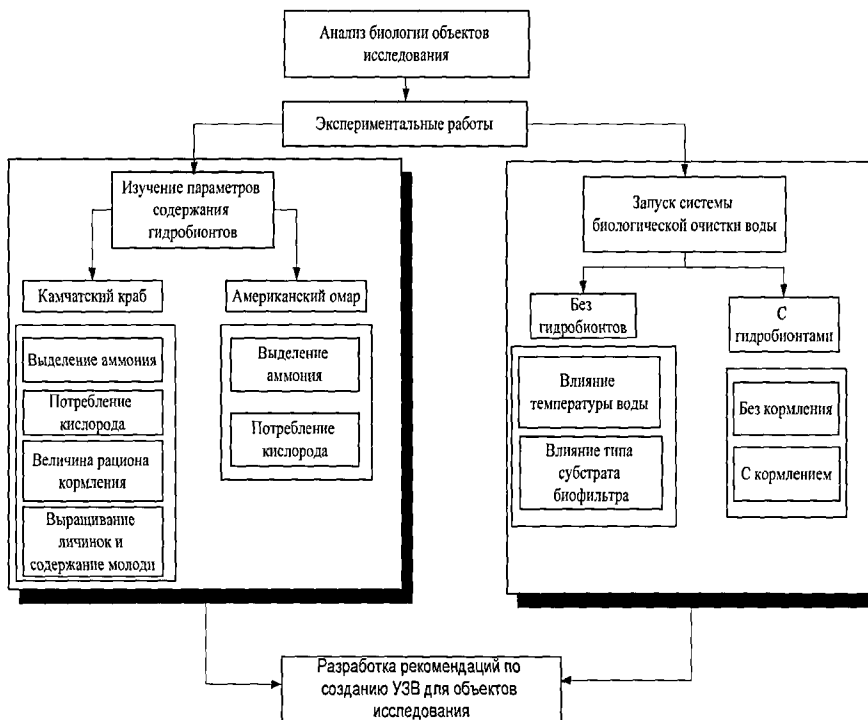


Рис. 1. Общая схема исследований

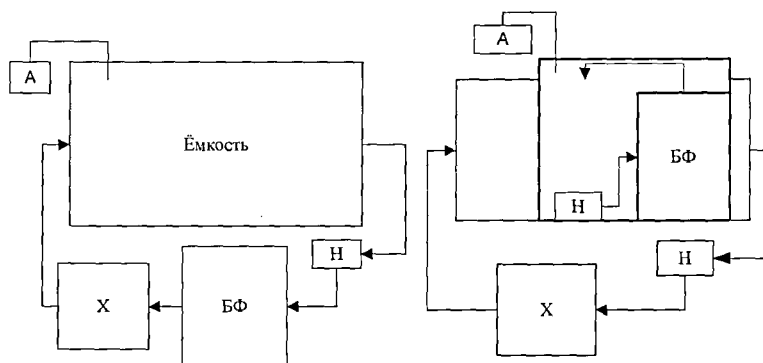


Рис. 2. Схемы установок, используемых в работах с гидробионтами (слева) и без них (справа, с термостатирующей ёмкостью): Х - проточный охладитель, БФ - биофильтр, Н - насос, А - аэратор. Стрелками обозначен ток воды

Показатели среды регистрировали с помощью портативных мультипараметровых зондов YSI и Hanna Instruments (США). Концентрации аммония, нитритов и нитратов определяли колориметрированием проб на фотометре КФК-3-01 (Россия). Аммонийный азот определяли методом Solorzano, 1969. Анализ воды на содержание нитритов и нитратов проводили методом Bendschneider, Robinson, 1952. Также использовали колориметрические аквариумные тесты на азотистые соединения.

Объём выполненных исследований представлен в таблице 1. Использовано 19 внешних биофильтров с 4 типами наполнителей и 48 ёмкостей 9 типов.

Таблица 1

Объём выполненных исследований

Наименование	Количество
Измерение T, °C; S, ‰; pH; скорости водообмена; концентрации кислорода, раз	1025
Определение концентрации азотистых соединений, проб	395
Взвешивание взрослых особей обеих видов, экз.	354
Измерение ширины карапакса камчатского краба, экз.	281
Кормление камчатского краба, экз.	241 взрослых, около 150000 зоза и 500 ювенальных особей

В экспериментах по изучению выделения аммония и потребления кислорода использовали по 10 крабов и 10 омаров на каждый температурный диапазон. В первом эксперименте гидробионтов содержали без кормления 1 сутки в акватроне без блока биологической очистки. Во втором эксперименте содержание кислорода измеряли каждые 10 минут в течение 2 часов для каждой особи в термоконтAINERе с циркуляционным насосом. Продолжительность содержания гидробионтов до этих экспериментов в общей УЗВ после вылова из естественной среды составляла не менее 2 суток.

В эксперименте по изучению влияния понижения температуры воды и внесения химического источника азотистых соединений на продолжительность стартового периода биологической очистки температуру воды постепенно понижали с 21 до 12°C с внесением 13 мл 10%-ного водного раствора аммиака в качестве источника азотистых соединений при каждом понижении концентрации аммония. Для изучения влияния типа субстрата при понижении температуры воды и внесении органического источника азотистых соединений в качестве источника азотистых соединений использовали органическое вещество (комбикорм для рыб), вносимое при каждом понижении содержания аммония, в концентрациях, превышающих ПДК. Температуру воды понижали плавно с 19 до 6°C. Влияние типа субстрата биофильтра при постоянной температуре воды изучали в 3 группах установок, отличающихся типом наполнителя, при 3 разных диапазонах температуры воды. В качестве источника азотистых соединений вносили 10%-ный раствор аммиака. В контрольных установках без наполнителя применяли все те же процедуры, что и в экспериментальных. Во всех экспериментах наполнители были стерильными и использовалась «готовая» культура бактерий.

Влияние наличия гидробионтов и их кормления на продолжительность стартового периода биологической очистки изучали при плотности посадки камчатского краба 17,69 кг/м³. Для оценки влияния наличия гидробионтов на продолжительность стартового периода сравнивали проведение стартового периода биологической очистки без гидробионтов и с ними, а затем проверяли стабильность системы биологической очистки путём посадки небольшой биомассы гидробионтов или её увеличением соответственно.

В эксперименте по влиянию величины рациона камчатского краба на качество оборотной воды первые 10 дней температуру воды поддерживали на уровне 5,5°C в среднем. На 11 день была произведена полная смена воды и начат второй этап эксперимента, в ходе которого температуру воды повысили и поддерживали на среднем уровне 10°C. Крабов кормили

размороженным кальмаром индивидуально в количестве 0,5% и 1% от ЖМ в сутки.

Результаты экспериментов обработаны статистически: методом квадратов Пирсона, вычисления коэффициента Стьюдента и коэффициента корреляции.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Выделение аммония и потребление кислорода камчатским крабом и американским омаром

Для правильного проектирования систем жизнеобеспечения в УЗВ необходимо точно знать количество загрязнений от гидробионтов и их требования к количеству растворённого кислорода в воде. Эти показатели также позволяют рассчитать плотность посадки гидробионтов и кратность необходимого водообмена в системе.

В результате проведённых работ показано (рис. 2), что за сутки крабы в среднем выделяют $7,33 \pm 2,55$ мг общего аммония на килограмм ЖМ при средней температуре воды $6,5^\circ\text{C}$, $9,42 \pm 3,75$ мг - при $9,2^\circ\text{C}$ и $29,16 \pm 10,36$ мг - при $12,2^\circ\text{C}$. Таким образом, при почти двукратном увеличении температуры воды выделение общего аммония крабом выросло в 3,98 раза. Это объясняется ускорением метаболизма при температуре воды, близкой к летней в естественной среде обитания. При средних температурах воды $6,5^\circ\text{C}$ и $9,2^\circ\text{C}$ разница значительно менее существенна - при повышении температуры воды в 1,42 раза камчатский краб выделял общего аммония в 1,29 раз больше.

Американские омары при средней температуре воды $6,5^\circ\text{C}$ в среднем выделяют $3,32 \pm 2,98$ мг аммония на 1 кг ЖМ в сутки, а при увеличении средней температуры до $12,2^\circ\text{C}$ - $4,63 \pm 4,3$ мг/кг. Менее значимая разница в выделении аммонийного азота с ростом температуры воды у омара по сравнению с камчатским крабом объясняется большей эвритермностью вида, в рамках которой размах изучаемого диапазона температур не столь значителен.

А)



Б)

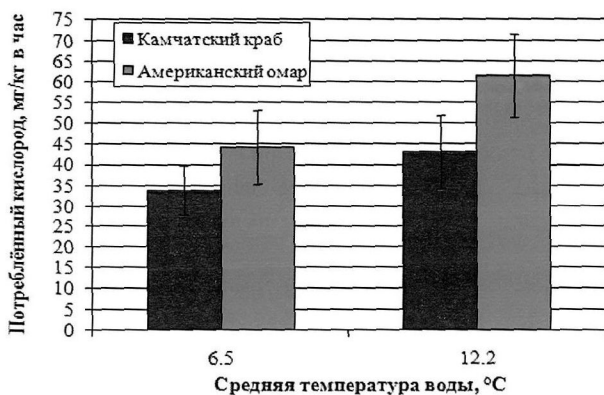


Рис. 2. Выделение аммония (А) и потребление кислорода (Б) камчатским крабом и американским омаром

Установлено, что удельное потребление кислорода камчатскими крабами составляет в среднем $33,75 \pm 5,96$ мг кислорода на 1 кг ЖМ в час при средней температуре воды $6,5^{\circ}\text{C}$ и $44,32 \pm 8,87$ мг кислорода на 1 кг ЖМ в час при средней температуре воды $12,2^{\circ}\text{C}$. По сравнению с камчатским крабом потребление кислорода американским омаром было выше и в среднем составило $43,05 \pm 8,85$ и $61,34 \pm 10,02$ мг кислорода на 1 кг ЖМ в час при

средней температуре воды 6,7°C и 12,3°C соответственно. Была определена интенсивность дыхания гидробионтов: американские омары наиболее активно дышат в первые 10 минут после их посадки в экспериментальную систему, что не наблюдалось у камчатских крабов.

Было установлено, что абсолютная масса тела животного в исследуемом диапазоне (камчатский краб - 1,9-3,3 кг, американский омар - 0,58-0,8 кг) не влияет на исследованные параметры метаболизма.

3. 2. Биологическая очистка воды в холодноводных морских УЗВ

Для достижения оптимальных показателей оборотной воды УЗВ необходимо наличие блока водоподготовки. Удаление азотсодержащих загрязнений из оборотной воды УЗВ обеспечивает биофильтр. Проведение стартового периода биологической очистки воды нельзя избежать, так как нитрификация в УЗВ полностью зависит от цикла жизнедеятельности бактерий. В холодной морской воде все процессы нитрификации сильно замедлены и менее стабильны, по сравнению с тёплой пресной водой, поэтому правильное проведение стартового периода биологической очистки имеет решающее значение для дальнейшей эксплуатации УЗВ. Интенсификация данных процессов ускорит экономическую окупаемость УЗВ.

Влияние понижения температуры воды с одновременным внесением 10%-ного раствора аммиака. Первая стадия нитрификации была зарегистрирована на 19 день и стабилизировалась к 29 дню (рис. 3), вторая - отмечена на 24 день и стабилизировалась с 43 дня. При этом отклонения концентрации аммония были с течением эксперимента всё менее продолжительными, что свидетельствует о стабилизации системы биологической очистки. Нитраты накапливались в системе на протяжении всего эксперимента.



Рис. 3. Динамика концентраций азотсодержащих веществ

Внесение 10%-ного водного раствора аммиака при одновременном понижении температуры приводит к существенному сокращению продолжительности стартового периода: до 49 суток против 75-80 без этих мер.

Изучение влияния типа субстрата при понижении температуры воды показало, что субстрат «Eheim ENFI-Mech» не подходит для биологической очистки холодной морской воды. Субстраты «биошары» и керамзит приемлемы для осуществления биологической очистки холодной морской воды: экспериментальные модели с ними вышли на рабочую мощность за 49 и 63 суток, соответственно.

Влияние типа субстрата при постоянной температуре представлено в таблице 2. Контрольная группа установок в данном эксперименте подтвердила необходимость использования субстрата в биофильтрах для холодноводных морских УЗВ.

Таблица 2

Зависимость продолжительности стартового периода биологической очистки от типа субстрата биофильтра и температуры воды

Наполнитель	Температура воды, °С	Продолжительность, сутки
Биошары	6-7	-
	9-10	98
	12-13	77
Коралловая крошка	6-7	108
	9-10	66
	12-13	63
Керамзит	6-7	-
	9-10	105
	12-13	70
Контроль (без наполнителя)	6-7	-
	9-10	-
	12-13	108

Влияние наличия гидробионтов и их кормления на состояние среды без проведения стартового периода биологической очистки. Посадка камчатских крабов на 5, 11, 14, 17 сутки мониторинга в систему без работающего биофильтра привела к накоплению аммония и увеличению концентрации нитритов до превышающих ПДК величин. Результатом этого явилась большая смертность краба, начавшаяся с 24 суток: из 212 особей погибло 162. Несмотря на ежедневную подмену воды, которая экономически крайне не рациональна, концентрация аммония и нитритов в воде не опускалась ниже ПДК. Запуск промышленных УЗВ в работу без проведения стартового периода биологической очистки воды не приемлем из-за высокого отхода гидробионтов.

Влияние наличия гидробионтов на продолжительность стартового периода. В экспериментальной установке 1 (изначально без омаров) резкий спад концентрации аммония после пика, отмеченного на 40 сутки, показывает завершение процесса развития биоценоза бактерий,

осуществляющих первую стадию нитрификации. Концентрация аммония после этого не превышала оптимальные величины. Однако второй стадии нитрификации не наблюдалось, поскольку концентрация нитратов оставалась примерно на одном уровне в связи с отсутствием поступления органических веществ в систему. В экспериментальной установке 2 (с 8 американскими омарами общей ЖМ 5,08 кг или 16,2 кг/м³) до 30 суток происходило постепенное нарастание концентраций аммония и нитритов, после чего концентрация аммония понизилась, а концентрация нитритов - вышла на «плато». На 70-74 сутки было зарегистрирована стабилизация обеих стадий нитрификации.

На втором этапе в установку 1 было помещено 8 омаров общей ЖМ 5 кг (15,87 кг/м³). В установку 2 поместили ещё 17 омаров массой 10,38 кг, в результате чего общая ЖМ 25 омаров составила 15,46 кг (49,08 кг/м³). Посадка омаров в обеих установках вызвала накопление аммония и нитритов в воде. В установке 1 оно наблюдалось до 7 суток, концентрация нитритов стабилизировалась на 10 сутки, но содержание аммония и нитритов не снизились до допустимых значений. В установке 2 максимальные концентрации аммония и нитритов наблюдались на 4 сутки. Процессы нитрификации стабилизировались на 13 сутки: концентрации аммония и нитритов держались в допустимых пределах. Нитраты в обеих установках накапливались постепенно, но в установке 2 их концентрация возросла значительно сильнее.

Описанные процессы азотного цикла свидетельствуют о более быстром выходе биофильтра на рабочую мощность в установке 2 (49,08 кг/м³), чем в установке 1 (15,87 кг/м³). В связи с этим можно сделать вывод о принципиальной допустимости проведения стартового периода биофильтра методом постепенной подсадки гидробионтов.

3. 3. Биотехника содержания камчатского краба

Важнейшие предпосылки для развития марикультуры камчатского краба в России - депрессивное состояние природных популяций и необходимость в рациональном использовании запасов данного вида. Содержание камчатского краба в условиях УЗВ является неизбежным этапом как для длительной передержки вдали от мест промысла, так и с целью искусственного воспроизводства с выпуском жизнестойкой молоди для пополнения естественной популяции. На сегодняшний день это направление изучено недостаточно.

Влияние величины рациона кормления камчатского краба на уровень накопления аммонийного азота при разных температурах воды. При

рационе кормления крабов, составляющем 0,5% от их ЖМ, реакция системы на внесение корма выражалась скачкообразным увеличением концентрации нитритов на следующие сутки после кормления. С повышением температуры воды - более плавными повышениями их концентрации с одновременным уменьшением концентрации аммония и увеличением концентрации нитратов. Это свидетельствует о стабилизации системы. При рационе 1% от ЖМ крабов внесение корма вызывало резкие скачки концентрации нитритов при постоянно высокой концентрации аммония. При повышении температуры воды снижение концентрации аммония и нитритов не произошло, что говорит о недостаточной окислительной мощности биофильтра.

Таким образом, повышение температуры воды при рационе 0,5% от ЖМ вызвало спад концентрации нитритов и выход её на «плато», а при рационе 1% изменений не наблюдалось. При рационе 1% от ЖМ наблюдались значительно более резкие скачки концентрации нитритов после кормления, что обусловлено внесением большего количества органики. Полученные результаты доказывают, что при повышенной нагрузке на биофильтр увеличение температуры в исследованном диапазоне не оказывает влияния на динамику процессов азотного цикла в воде. Использование суточного рациона в 0,5% от ЖМ не требует увеличения отношения объёма биофильтра к объёму оборотной воды в системе и при этом обеспечивает поддерживающее кормление камчатского краба.

Содержание самцов и самок камчатского краба при искусственном воспроизводстве в условиях УЗВ. Было установлено, что в первые после посадки краба сутки в оборотной воде происходит резкий рост концентрации аммония, что связано с усиленным выделением им содержимого желудочно-кишечного тракта. Затем наблюдается возрастание концентрации нитритов в связи с нитрифицирующей активностью биоценоза биофильтра. В дальнейшем происходит постепенное снижение содержания аммония и нитритов и система стабилизируется. После внесения корма наблюдалось повышение содержания аммония, но с каждым последующим внесением корма скачки концентрации аммония уменьшались, концентрация нитритов оставалась на допустимом уровне, а концентрация нитратов плавно росла. Было показано, что для переработки органики после кормления крабов биофильтру требуется не более 3 суток. Этот интервал соответствует физиологии питания камчатского краба.

Выращивание и содержание личинок и молоди камчатского краба при искусственном воспроизводстве в УЗВ. Полученные зоза содержались в акватронах с температурой воды 5,5-8,8°C. Было отмечено, что при массовых линьках возрастает концентрация аммония. Существенной разницы между

испытанными плотностями посадки (50 и 75 экз./л) по накоплению концентраций азотистых соединений в воде и выживаемости личинок не обнаружено, поэтому величина в 75 экз./л признана допустимой. Глаукотое не питается и в межличиночный период смертности не было зарегистрировано, поэтому содержание минеральных форм азота существенно не менялось. Полученных ювенальных особей содержали в плавающих емкостях при температуре воды 10-12°C. В каждой ёмкости содержали сначала 3-5 особей 1 стадии, а затем (по мере роста) - индивидуально. За весь период наблюдений содержание азотистых соединений не превышало ПДК.

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЗВ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе анализа литературных источников и практической работы автора определены оптимальные и не противоречащие физиологии объектов исследования биотехнические параметры (табл. 3).

Таблица 3

Биотехнические параметры УЗВ для объектов исследования

Показатель	Величина
Температура воды при содержании, °С:	
- личинки камчатского краба	6-7
- молодь камчатского краба	10-12
- взрослый камчатский краб	6-8
- взрослый американский омар	12-14
Солёность воды, S, ‰	30-35
pH воды	7,8-8,2
Концентрации азотистых соединений в воде при длительном содержании гидробионтов, не более, мг/л:	
- аммоний	0,3
- нитриты	0,2
- нитраты	40
Содержание ионов кальция Ca ⁺² , мг/л	350-450
Содержание растворённого кислорода в воде, не менее, мг/л	7
Плотность посадки:	
- камчатских крабов при искусственном воспроизводстве, шт./м ²	2
- камчатских крабов при передержке, кг/м ³	40-50
- зоа камчатского краба, шт./л	75
- глаукотое камчатского краба, шт./л	25
- американских омаров при передержке, кг/м ³	60-70

В настоящее время при проектировании УЗВ с холодной морской водой в основном ориентируются на соотношение объема биофильтра с общим объемом оборотной воды (обычно он составляет 25-30%), что неверно с биологической точки зрения и экономически более затратно, чем расчёт по установленным биотехническим параметрам содержания гидробионтов.

Ниже приводится пример расчёта биофильтра при проектировании УЗВ для единовременной предпродажной передержки (без кормления) 500 кг камчатского краба согласно полученным данным.

$500 \text{ кг} * 7,33 \text{ мг/л в сутки} = 3665 \text{ мг/л в сутки}$ - общее поступление аммония в систему при 6°C. При данной температуре биоценоз бактерий, населяющий всю площадь поверхности коралловой крошки в объеме 1 л способен утилизировать 0,452 мг аммония в сутки. То есть для обеспечения необходимого качества воды требуется биофильтр с объемом $3665/0,452 = 8108 \text{ л}$ ($8,1 \text{ м}^3$) коралловой крошки.

Общая потребность 500 кг камчатского краба в кислороде составит: $500 \text{ кг} * 33,75 \text{ мг/кг в час} = 16875 \text{ мг/ч}$. Учитывая, что уровень 100%-ного насыщения воды кислородом при 6°C и солёности 35‰ составляет около 10,2 мг/л, а на выходе из бассейна содержание кислорода не должно быть ниже 7 мг/л, получается, что на потребление камчатским крабом кислорода из каждого литра воды остаётся 3,2 мг. Соответственно для 500 кг камчатского краба при 100%-ном насыщении воды кислородом её необходимо подавать в количестве: $16875:3,2 = 5273 \text{ л/час}$ ($5,3 \text{ м}^3/\text{час}$).

С помощью полученных данных также можно рассчитать необходимый расход оборотной воды в системе, исходя из уровня азотных загрязнений. Например, часовое выделение аммония камчатским крабом при 6°C равно: $7,33 \text{ мг/кг} : 24 \text{ часа} = 0,3054 \text{ мг/кг}$. При ПДК по аммонии 0,3 мг/л на выходе из бассейнов получаем, что для содержания 1 кг камчатского краба следует подать 1,018 л/ч воды. Соответственно, для 500 кг камчатского краба необходимый расход воды составит 509 л/ч. Сопоставив результаты расчётов уровня необходимого расхода циркулирующей воды, выполненных по балансу выделения загрязнений ($0,51 \text{ м}^3/\text{ч}$) и потреблению кислорода ($5,3 \text{ м}^3/\text{час}$), получаем, что лимитирующим фактором является кислородный режим.

ВЫВОДЫ

1. Определены основные при содержании в УЗВ параметры обмена веществ камчатского краба и американского омара. Камчатский краб выделяет в среднем 7,33 мг аммония на 1 килограмм ЖМ при средней температуре воды 6,5°C, 9,42 мг - при 9,2°C и 29,16 мг - при 12,2°C,

американский омар - 3,32 мг/кг в сутки при 6,5°C, 4,63 мг/кг - при 12,2°C. Потребление кислорода камчатским крабом составляет в среднем 33,75 мг/кг в час при средней температуре воды 6,5°C и 44,32 мг/кг - при 12,2°C, американского омара - 43,05 и 61,34 мг/кг в час при средних температурах воды 6,7°C и 12,3°C соответственно.

2. Плотности посадки зоэа - 75 экз./л, глаукотое - 25 экз./л, самок и самцов - 2 шт./м² являются оптимальными при искусственном воспроизводстве камчатского краба в условиях УЗВ.

3. При длительном содержании камчатского краба в УЗВ величина суточного рациона, составляющая 0,5% от ЖМ, является оптимальной для поддерживающего кормления и не требует увеличения объёма блока биологической очистки воды в УЗВ, в отличие от рациона, составляющего 1% от ЖМ в сутки.

4. При посадке краба в УЗВ и его кормлении без предварительного проведения стартового периода биологической очистки наблюдается накопление аммония в оборотной воде выше ПДК, что приводит к критически высокой смертности гидробионтов.

5. При внесении 10%-ного раствора аммиака или комбикорма в качестве источника азотистых соединений в систему и одновременном понижении температуры воды с 19-21°C до 6-12 °C продолжительность стартового периода можно сократить до 49 суток.

6. Стартовый период биологической очистки воды может быть проведён при наличии небольшой биомассы гидробионтов в системе, но без их кормления. При последующем увеличении биомассы почти вдвое в такой системе стабилизация процессов нитрификации происходит быстрее.

7. При постоянной температуре воды 6-7°C длительность стартового периода биологической очистки воды в УЗВ с морской водой превышает 108 суток, тогда как с её повышением до 12-13°C она сокращается до 63-77 суток.

8. Коралловая крошка фракции 10-20 мм является оптимальным наполнителем нитрифицирующего биофильтра в УЗВ для содержания морских холодноводных ракообразных по продолжительности стартового периода биологической очистки.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Камчатского краба рекомендуется содержать в температурном диапазоне 6-8°C и кормить только при длительных сроках предпродажной передержки из расчёта 0,5% от живой массы (поддерживающее кормление). Американского омара рекомендуется содержать при 12-14°C. Раздельное содержание данных видов сократит расходы на охлаждение оборотной воды.

2. При расчёте параметров УЗВ для содержания взрослых особей объектов исследования рекомендуется использовать значения выделения аммония и потребления кислорода с учётом вышеназванных температур: для камчатского краба - 7,33 мг/кг в сутки и 33,75 мг/кг в час, для американского омара - 4,63 мг/кг в сутки и 61,34 мг/кг в час соответственно.

3. Стартовый период биологической очистки воды в УЗВ лучше проводить при плавном понижении температуры воды. Для существенного ускорения этого процесса рекомендуется использовать «готовые» культуры нитрифицирующих бактерий и источники азотистых соединений для их питания, в том числе - небольшую биомассу гидробионтов. В качестве наполнителя для биофильтра в УЗВ с температурой оборотной морской воды ниже 15°C, рекомендуется использовать коралловую крошку.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Издания, рекомендованные ВАК:

1. Тырин Д. В. Выделение аммония камчатским крабом и американским омаром в установках с замкнутым водопользованием / Тырин Д.В., Ковачева Н.П., Жигин А.В. // «Рыбпром». - 2010. - № 4. - С. 86.

2. Тырин Д.В. Ускоренный запуск холодноводных морских биофильтров / Тырин Д.В., Завьялов А.П., Ковачева Н.П. // «Зоотехния». - 2009 - № 4. - С. 12.

3. Тырин Д.В. Стартовый период биологической очистки морской воды в установках для содержания ракообразных / Тырин Д.В., Ковачева Н.П., Шакула Л.А. // «Аграрная наука» - 2008. - № 8. - С. 30.

4. Тырин Д.В. Влияние условий содержания камчатского краба на работу биофильтров в УЗВ / Тырин Д.В., Ковачева Н.П., Шакула Л.А. // «Рыбпром» - 2009. - № 2. - С. 64.

Прочие издания:

5. Тырин Д.В. Технология содержания американского омара (*Homarus americanus*) в условиях аквакультуры / Тырин Д. В. // Сборник трудов «Проблемы аквакультуры» / «Аква-Лого» - 2009. - Вып. 3. - С. 12.

6. Тырин Д.В., Ковачева Н.П., Назарцева М.Ю. Влияние температуры воды и типа наполнителя на запуск биофильтра в холодноводных установках с замкнутым циклом водообеспечения для содержания ракообразных. / Тырин Д.В., Ковачева Н.П., Назарцева М.Ю. // Сборник трудов ВНИРО к 100-летию со дня рождения профессора А.Ф. Карпевич / Издательство ВНИРО/ - 2009. - Том 148. - С. 131.

7. Тырин Д.В. Выбор наполнителя биофильтра в установках с замкнутым циклом водообеспечения для содержания морских холодноводных

ракообразных / Тырин Д.В., Ковачева Н.П., Нестерова Л.А., Назарцева М.Ю. // «Рациональное использование водных экосистем - перспективное направление реализации национального проекта «Развитие АПК»: материалы международной научно-практической конференции, ГНУ ВНИИР, Москва, 17-19 декабря. - 2007. - С. 225.

8. Тырин Д.В. Потребление кислорода камчатским крабом и американским омаром при разной температуре воды / Тырин Д.В., Ковачева Н.П. // Сборник трудов 2 съезда НАСЕС «Аквакультура Центральной и Восточной Европы: настоящее и будущее», 17-19 октября / «Pontos», Кишинёв / - 2011. - С. 259.

9. Tyrin D. Excretion of ammonium by red king crab in closed water systems / Tyrin D., Kovatcheva N. // Abstracts of contributions presented at «Aquaculture Europe 2010», Porto, Portugal, October 5-8. - 2010. - P. 679.

10. Tyrin D. Consumption of dissolved oxygen by Red King crab and American lobster under artificial conditions. / Tyrin D., Kovatcheva N. // Abstracts of contributions presented at «Aquaculture Europe 2011», Rhodos, Greece, October 17-19. - 2011- P. 585.

11. Tyrin, D Excretion of total ammonium by some marine crustaceans / Tyrin D., Kovatcheva N. // «Arctic and sub-Arctic biological resources: potential for biotechnology», collected scientific papers of the first international seminar and PhD workshop Petrozavodsk, Russia, September 6-9. / Karelian Research Centre RAS. - 2010. - vol. II «Current problems of physiology and biochemistry of aquatic organisms». - P. 96.

Подписано в печать 03.11.2011

Объем 1,25 п.л.

Тираж 100 экз.

Заказ № 1038

ФГУП «ВНИРО»

107140, Москва, В. Красносельская, 17