

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Всероссийский научно-исследовательский институт

рыбного хозяйства и океанографии»

(ФГБНУ «ВНИРО»)

X международная научно-практическая конференция молодых учёных

и специалистов

**СОВРЕМЕННЫЕ  
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ  
РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА**

10-11 ноября 2022 года, г. Москва

Москва

Издательство ВНИРО

2022

Рецензенты:

*Буяновский А.И.*, д.б.н., главный научный сотрудник отдела гидробионтов прибрежных экосистем ФГБНУ «ВНИРО»;

*Микодина Е.В.*, д.б.н., профессор МГУТУ им. К.Г. Разумовского;

*Симдянов Т.Г.*, к.б.н., доцент кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

**C56**        **Современные** проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса: материалы X международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов / Под ред. И.И. Гордеева, А.С. Сафронова, А.А. Смирнова, К.К. Киввы, О.В. Воробьевой, Л.О. Архипова, О.А. Мазниковой, Е.В. Лаврухиной, А.А. Сумкиной – М.: Изд-во ВНИРО, 2022. – 416 с.

Логотип конференции – Мария Норкина. Оформление обложки – И.И. Гордеев.

## Опыт запуска систем биоочистки для культивирования австралийского красноклешневого рака

А.А. Глазунов, Д.С. Загорская, Н.П. Ковачева, Р.Р. Борисов, Д.С. Печёнкин

ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва

E-mail: morionblack@mail.ru

**Аннотация.** Исследованы возможности оптимизации процесса запуска установок замкнутого цикла водоиспользования для культивирования австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus*. Эффективность работы систем биологической фильтрации оценивалась по динамике гидрохимических показателей. Установлено, что для ускорения выхода биофильтра на рабочую мощность после дезинфекции с использованием гипохлорита натрия, требуется внесение в систему нитрифицирующих бактерий, ионов аммония и нитрит-ионов. Выявлено, что предпочтительным источником нитрифицирующих бактерий является концентрированный осадок или загрузка из рабочего биофильтра.

**Ключевые слова:** аквакультура, ракообразные, УЗВ, биофильтрация, австралийский красноклешневый рак, *Cherax quadricarinatus*.

Австралийский красноклешневый рак (АККР) *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) является одним из новых и перспективных объектов индустриальной аквакультуры для южных регионов Российской Федерации (Хорошко, Крючков, 2010). Полный цикл выращивания АККР, составляющий 6-9 месяцев (Борисов и др., 2013), в прудах юга России невозможен из-за короткого сезона оптимальных температур, поэтому для вселения в пруды используется подрощенная молодь. Получение и подрощивание молоди осуществляется в искусственных условиях с использованием установок замкнутого цикла водоиспользования (УЗВ), после чего она выпускается в пруды для выращивания в течение летнего периода (Анкешева и др., 2021). Передержка производителей в зимний период также осуществляется в УЗВ. Наиболее важными этапами подготовки системы биофильтрации для содержания гидробионтов является ее запуск и выход на рабочую мощность. Целью данной работы стала оптимизация процесса запуска систем биоочистки для индустриального выращивания австралийского красноклешневого рака.

В эксперименте использованы 5 установок состоявших из пластиковых емкостей с крышками (рабочий объемом 55 л) и фильтров канистровой конструкции Eheim 2215. Фильтр заполняли пластиковыми шарами сложной формы (площадь поверхности – 1,7 м<sup>2</sup>). Площадь внутренних поверхностей емкости и фильтра – 1,0 м<sup>2</sup>. Расход циркулирующей воды – 0,6 м<sup>3</sup>/ч. Предварительно проводили санитарную обработку оборудования установок и наполнителя фильтров раствором гипохлорита натрия. Затем системы промывали, полностью сливали и обсушивали. В начале эксперимента в системы вносили нитрифицирующие бактерии, гидроксид аммония (4,65±0,05 мг/л NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) и нитрит натрия (3,00 мг/л NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) (DeLong, Losordo, 2012). Источниками нитрифицирующих бактерий служили концентрированный осадок и загрузка из биофильтра, установленного на системе с АККР, а также препарат Stability (Seachem, США).

На протяжении всего процесса запуска систем биофильтрации в емкостях ежедневно определяли температуру воды, содержание растворенного кислорода, pH, концентрацию ионов аммония (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), нитрит-ионов (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) и нитрат-ионов (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Последующие внесения 10%-ного водного раствора аммиака для достижения концентрации NH<sub>4</sub><sup>+</sup> в емкостях 1 мг/л производили на вторые сут. после падения в них концентрации NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ниже 0,1 мг/л. На заключительном этапе эксперимента после стабилизации функционирования систем проводили проверку их работоспособности. Для этого на 36 сут. в емкостях установок №2-5

осуществляли смену воды, вносили 10%-ный раствор аммиака (1 мг/л  $\text{NH}_4^+$ ). После достижения в емкостях допустимых при содержании и культивировании АККР уровней содержания  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NO}_2^-$  (на 43 сут.), в них помещали по одной особи массой 20-30 г. Кормление раков осуществляли комбикормом TetraWaferMix (1-2% от массы особей в сут.).

**Таблица.** Схема внесения реагентов и нитрифицирующих бактерий на старте эксперимента

| Установка № | Источник нитрифицирующих бактерий                          | Раствор аммиака (10%), мл | Нитрит натрия, г |
|-------------|------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------|
| 1           | Не проводилось (контроль)                                  | 2,5                       | –                |
| 2           | Концентрированный осадок (200 мл) из биофильтра            | 2,5                       | –                |
| 3           | Загрузка из биофильтра (400 мл)                            | 2,5                       | –                |
| 4           | Загрузка из рабочего биофильтра (400 мл)                   | 2,5                       | 0,27             |
| 5           | Препарат Stability, 1-е сут. - 7,5 мл, 2-8 сут. по 3,75 мл | 2,5                       | –                |

На протяжении большей части эксперимента температура в емкостях колебалась в диапазоне 24-27°C, оптимальном для развития нитрифицирующих бактерий и культивирования АККР. Содержание растворенного кислорода в ходе эксперимента находилось на высоком уровне и изменялось в интервале 6,73-7,83 мг/л.

В результате внесения в установки №2-5 нитрифицирующих бактерий наблюдалось существенное ускорение процесса запуска биофильтров по сравнению с контролем (установка №1). Формирование биоценоза первой ступени нитрификации, на которой происходит окисление аммиака до нитрит-иона бактериями родов *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus* и *Nitrospira*, и достижение нетоксичной для гидробионтов близкой к нулю концентрации ионов аммония (менее 0,01 мг/л), наблюдались на 7 сут., что на 11 сут. ранее, чем в контроле (рис. 1а). При этом скорость и динамика формирования биоценоза практически не зависела от источника и способа внесения бактерий. Динамика накопления нитрит-ионов в емкостях (рис. 1б) соответствовала процессу окисления аммиака и после плавного подъема на начальном этапе характеризовалась резким скачком, который отражает запуск 1 ступени нитрификации. В контроле формирование бактериального биоценоза происходило значительно медленнее, а динамика снижения концентрации  $\text{NH}_4^+$  имела более плавный характер (рис. 1а).

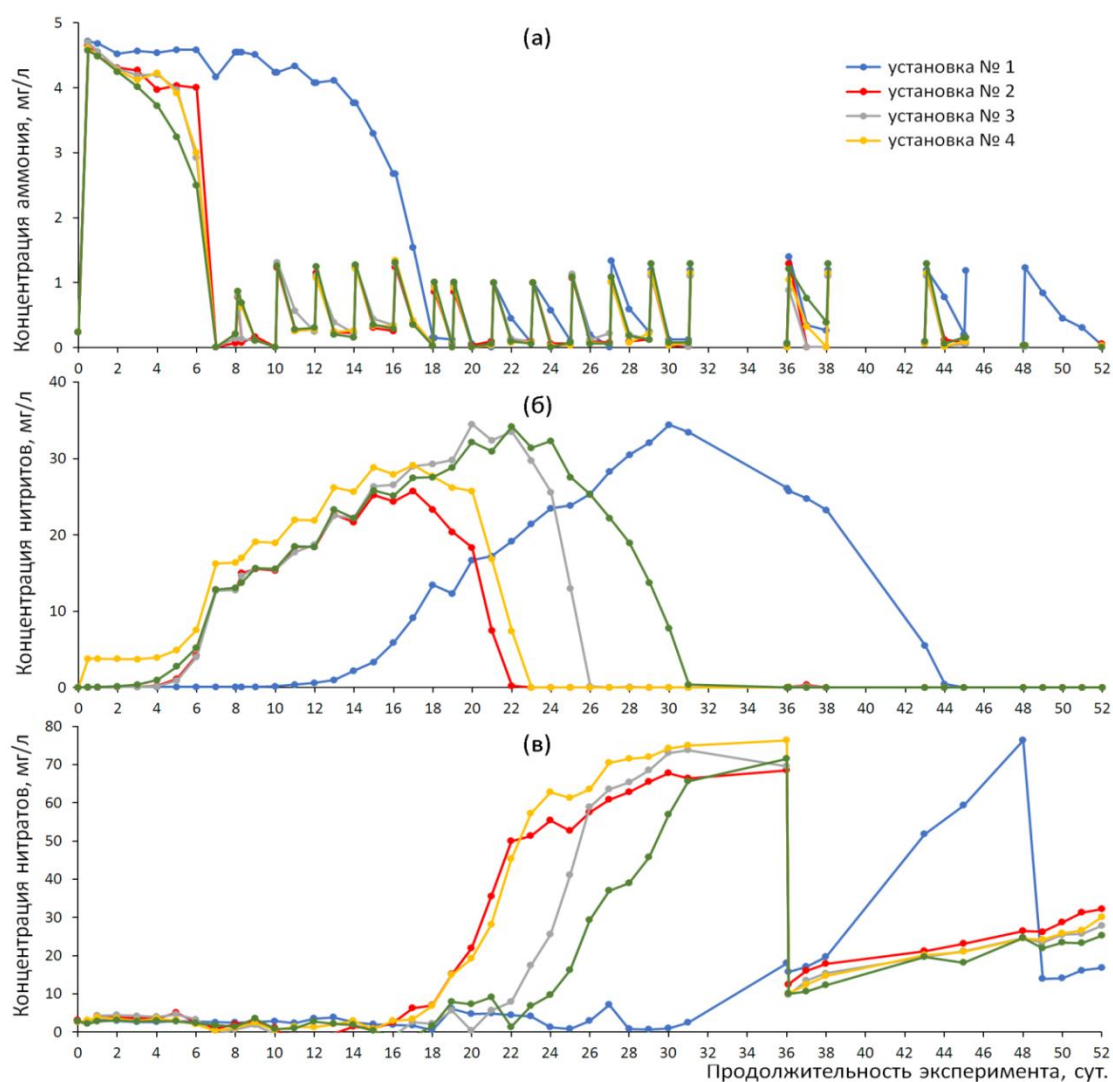
После завершения процесса окисления первично внесенного аммиака каждая новая порция (1 мг/л  $\text{NH}_4^+$ ) перерабатывалась в установках 2-5 в течение сут. (рис. 1а), что свидетельствовало о стабильности работы первой ступени нитрификации в данных вариантах эксперимента. Следует обратить внимание, что в контроле после запуска работы первой ступени биофильтрации каждая дополнительная порция аммиака окислялась, как правило, в течение двух сут., что позволяет говорить о меньшей степени устойчивости и работоспособности бактериального сообщества в контроль.

Для второй ступени нитрификации (окисление нитрит-иона до нитрат-иона бактериями родов *Nitrospira*, *Nitrococcus*, *Nitrospina*) время запуска функционирования при внесении бактерий (установки № 2-5) составило от 22 до 31 суток от начала эксперимента до момента полного окисления присутствующих в системе нитрит-ионов (содержание нитрит-ионов в емкости не превышало 0,01 мг/л) (рис. 1б). Наибольшую скорость формирования сообщества бактерий продемонстрировала установка №2, в которой в качестве источника микроорганизмов использовали 200 мл концентрированного осадка из рабочего биофильтра. Падение концентрации нитрит-ионов в контрольной установке до 0,06 мг/л произошло значительно позже - на 45-е сутки (рис. 1б). В ходе запуска второй ступени биофильтрации фиксировался закономерный рост содержания и накопление нитрат-ионов, динамика которого соответствовала процессу окисления нитрит-ионов (рис. 1б,в).

Добавление нитрита натрия (установка №4) на начальном этапе эксперимента ускорило процесс запуска работы второй ступени биофильтрации (рис. 1б).

После переработки в установках № 2-5 всех нитритов, образовавшихся в ходе работы первой ступени биофильтрации и внесенных на начальном этапе эксперимента, при добавлении каждой новой порции раствора аммиака в емкости существенного увеличения количества нитритов не наблюдалось, а их концентрация колебалась в диапазоне 0,008-0,050 мг/л. При этом в следующие за внесением аммиака двое суток наблюдался плавный рост концентрации нитрат-ионов (рис. 1б,в).

Максимальное содержание нитратов в установках 2-5 на момент выхода второй ступени биофильтрации на полную мощность в среднем составляло  $71,46 \pm 3,40$  мг/л (рис. 1в). На 36 сутки в установках № 2-5 произвели подмену воды, и тестовое внесение раствора аммиака. Через сутки содержание ионов аммония снизилось до  $0,07 \pm 0,02$  мг/л, а концентрация нитрит-ионов не превысила  $0,009 \pm 0,001$  мг/л (рис. 1а,б). После размещения на 43 сут. раков в установках № 2-5, существенных изменений в концентрации  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NO}_2^-$  не наблюдалось.



**Рисунок 1.** Динамика содержания ионов аммония (а), нитрит-ионов (б), нитрат-ионов (в)

**Заключение.** Эффективными мерами для ускорения процесса запуска биофильтра является внесение в систему нитрифицирующих бактерий, аммиака и нитрита натрия, а также контроль гидрохимических показателей и оценка по их динамике эффективности работы ступеней нитрификации. При использовании в качестве источника бактерий элементов загрузки из работающего биофильтра или концентрированного осадка из него, выход на рабочую мощность происходит в наиболее короткие сроки и составляет 22-24 сут.

### Список литературы

Delong D.P., Losordo T.M. 2012. How to start a Biofilter. SRAC Publication. Southern Regional Aqua-culture Center 3: 1-4.

Анкешева Б.М., Тангатарова Р.Р., Пятикопова О.В. 2021. Формирование ремонтно-маточного стада австралийского красноклешневого рака (*Cherax quadricarinatus*) в индустриальной аквакультуре. Изв. ТИНРО 201(4): 948-959. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-948-959.

Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Акимова М.Ю., Паршин-Чудин А.В. 2013. Биология и культивирования австралийских красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1898). М.: Изд-во ВНИРО, 47 с.

Хорошко А. В., Крючков В. Н. 2010. Новые направления прудовой аквакультуры в южных регионах России. Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса 2: 51-54.