

Аквакультура

УДК 595.36; 595.384.8

Технологическая схема и биотехнические показатели индустриального выращивания молоди камчатского краба в аквакультуре

Н.П. Ковачева¹, Р.Р. Борисов¹, Н.В. Кряхова¹, Р.О. Лебедев¹, А.В. Паршин-Чудин¹,
Д.В. Тырин¹, Д.С. Печёнкин¹, Е.С. Чертопруд^{1,2}

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

² Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ФГБУН «ИПЭЭ РАН»), г. Москва

E-mail: kovatcheva@vniro.ru

Для модульного бассейнового комплекса разработана технологическая схема выращивания молоди камчатского краба, включающая семь этапов: «Отлов и доставка икранных самок» (1); «Содержание икранных самок» (2); «Содержание икранных самок при отделении личинок» (3); «Выращивание личинок» (4); «Выращивание глаукотоэ» (5); «Выращивание молоди» (6); «Выпуск молоди в естественную среду» (7). Успешность проведения этапов 1 и 2 зависит от физиологического состояния производителей. Продолжительность этапа 2 определяется стадией зрелости икры. На этапе 3 для быстрого сбора недавно вышедших из яиц личинок необходимо использовать точечный источник света, расположенный в отсеке ёмкости, отделённом от самок краба перфорированной перегородкой. Этап 4 является наиболее трудозатратным. В данной фазе жизненного цикла у камчатского краба проявляется каннибализм, что приводит к росту смертности личинок при недостатке корма. На этапе 5 происходит переход особей от планктонного к донному образу жизни. В связи с этим в ёмкости для культивирования необходимо установить субстраты для оседания глаукотоэ. Глаукотоэ не питается, на этой стадии развития камчатского краба кормление не осуществляется. На этапе 6 молодь краба ведёт донный образ жизни. На этой стадии необходимо выполнить постепенную замену сеток для оседания глаукотоэ на донные субстраты. Молодь камчатского краба начинает питаться, и для её кормления применяют комбикорма и, в меньшей степени, науплии артемии. На заключительном этапе 7 необходимо подготовить молодь к выпуску в естественную среду, осуществить транспортировку и выпуск особей в природу в заранее выбранных местах. Применение предложенных биотехнических методов и подходов к получению и выращиванию молоди камчатского краба позволит оптимизировать культивирование вида, а также таксономически и экологически близких к нему представителей крабидов.

Ключевые слова: камчатский краб *Paralithodes camtschaticus*, культивирование молоди, модульный бассейновый комплекс, технологическая схема выращивания.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время природные популяции многих промысловых гидробионтов подвергаются серьёзным нагрузкам в результате неуклонно возрастающей антропогенной деятельности. Неконтролируемый промышленный вылов, внедрение инвазивных видов, загрязнение среды и её изменение отрицательно влияют на нативную фауну во многих регионах. В результате всё большее значение приобретают технологии культивирования различных гидробионтов и, в частности, ракообразных, для целей восстановления и пополнения природных популяций. Особую актуальность данное направление аквакультуры приобрело в рамках проведения работ по возмещению ущерба водным биологическим ресурсам, наносимого при строительстве и реконструкции объектов, расположенных на территории морских и пресноводных акваторий.

Одним из видов ракообразных, популяции которого подвергаются значительному антропогенному влиянию в результате промышленного промысла и нарушения природных сообществ шельфа, является камчатский краб. Жизненный цикл камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) включает планктонные и бентосные стадии развития. В онтогенезе вида происходят существенные изменения в морфологическом строении внешних и внутренних органов, в т. ч. принимающих участие в захвате кормовых объектов, их механической обработке, а также пищеварении. Данные особенности биологии краба являются основой для формирования общих подходов к разработке биотехники его культивирования.

Сотрудниками ФГБНУ «ВНИРО» накоплен значительный опыт по культивированию камчатского краба как в аквариальных условиях, так и в условиях береговых бассейновых комплексов [Ковачева, 2002; 2006; 2008; Ковачева и др., 2005]. Показано, что использование бассейновых комплексов с проточной системой водообеспечения является оптимальным решением для получения молоди вида в индустриальных условиях. Разработанные общие принципы биотехники получения молоди камчатского краба [Ковачева, 2003; Ковачева и др., 2004; 2005] основаны

на всесторонних исследованиях особенностей жизненного цикла и биологии ранних стадий развития вида. Соответствие основных технологических этапов культивирования биологическим особенностям жизненного цикла позволяет максимально снизить возможные потери продукции при выращивании.

Целью настоящей работы являлась разработка общей технологической схемы индустриального выращивания молоди камчатского краба в контролируемых условиях. Параллельно определены базовые показатели промышленного выращивания молоди вида в бассейновых комплексах.

При создании технологической схемы и определении биотехнических показателей индустриального выращивания молоди камчатского краба использованы данные оригинальных исследований авторов настоящей работы. Основной информационный массив изложен и обобщён в трёх монографиях [Ковачева, 2008; Ковачева и др., 2005; Kovatcheva et al., 2006], а также в исследовательских статьях и патентах: Борисов, Кряхова, 2014; Борисов и др., 2007; 2012; 2015; 2016; Ковачева, 2002; 2003; 2006; Ковачева и др., 2004; 2007; 2010; 2011; 2012; 2015 а; 2015 б; 2017; Кряхова и др., 2010; Паршин-Чудин и др., 2014; Epelbaum, Borisov, 2006; Epelbaum et al., 2006; 2007; Kovatcheva et al., 2013.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Бассейновый модуль для выращивания молоди камчатского краба

Бассейновый модуль для выращивания молоди камчатского краба (рисунок), разработанный сотрудниками ФГБНУ «ВНИРО», включает ёмкость для содержания самок и сбора личинок (объёмом 1,5–3,0 м³); одиннадцать ёмкостей для выращивания личинок и глаукотоз, а также содержания молоди (объёмом 0,5 м³ каждая); оборудование для очистки и термостатирования воды. Рабочая ёмкость модуля рассчитана на посадку 500 тыс. личинок камчатского краба. При средней их выживаемости в условиях бассейнового комплекса 30–40%, расчётный выход молоди на один модуль составляет 150 тыс. экземпляров. Модульная конструкция существенно облегчает

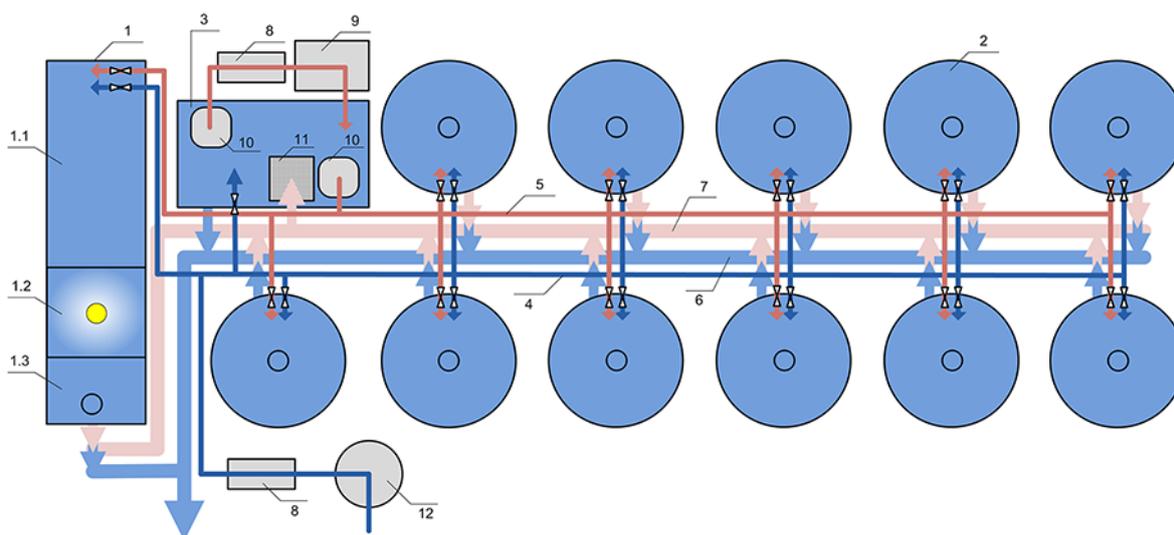


Рис. Схема проточного бассейнового модуля для выращивания молоди камчатского краба.

Условные обозначения: 1 — ёмкость для содержания самок и получения личинок; 1.1 — отсек для содержания самок; 1.2 — отсек для концентрации личинок; 1.3 — технический отсек; 2 — ёмкости для культивирования личинок, глаукотоз и молоди; 3 — накопительная ёмкость; 4 — водопровод подачи исходной морской воды без термостатирования; 5 — водопровод рециркуляционной системы водоснабжения; 6 — сливной коллектор; 7 — рециркуляционный коллектор; 8 — УФ-стерилизатор; 9 — чиллер; 10 — насос; 11 — механический фильтр; 12 — песчаный фильтр

проектирование бассейновых комплексов заданной мощности и позволяет выполнять все технологические операции независимо для каждой части комплекса. Это снижает риск возникновения массовых заболеваний, что является важным условием успешного прохождения гидробионтами ранних стадий развития. Описанная модульная система неоднократно апробирована на береговых базах по культивированию краба, расположенных на побережьях Баренцева и Японского морей [Ковачева и др., 2010; 2011; 2012; 2015; 2017].

2. Технологическая схема получения молоди камчатского краба

Для получения молоди камчатского краба в охарактеризованном бассейновом модуле спланирована общая последовательность технологических этапов. В табл. 1 представлен пример технологической схемы, в которую включены важнейшие параметры содержания взрослых особей и выращивания ранних возрастных стадий вида в промышленных условиях от момента вылова икранных самок до выпуска полученной молоди. Описание ёмкостей, обозначенных в табл. 1 номерами, приведено в табл. 2.

Ключевым фактором успешного содержания как взрослых особей, так и молоди камчатского краба являются оптимальные гидрохимические характеристики среды в бассейнах модульного комплекса. Базовые параметры воды при культивировании вида представлены в табл. 3.

2.1. Характеристики этапов культивирования камчатского краба

Этап 1 «Отлов и доставка икранных самок в бассейновый комплекс». Икранных самок краба отбирают из природных популяций для последующего размещения в бассейнах комплекса. После появления личинок самок вновь выпускают в естественную среду. Осенью отлов самок рекомендуется проводить в октябре, а в начале года — в феврале-марте. Для получения личинок целесообразно выбирать самок массой 1,0–2,5 кг с шириной карапакса не менее 8 см, без повреждений внешних покровов и имеющих высокую двигательную активность. Икра у крабов, отобранных для воспроизводства, должна находиться на стадии глазка, а абсолютная плодовитость составлять не менее 100–300 тыс. икринок. Транспортировка самок от места вылова до бассейнового комплекса не

Таблица 1. Технологическая схема получения молоди камчатского краба в условиях бассейнового модуля

№	Название этапа	Длительность этапа	T, °C	S, ‰	Освещённость, лк; режим свет : темнота, ч	Масса особи	Кормление	Тип ёмкости
1	Отлов и доставка икранных самок	–	1–5	без воды	–	1,0–2,5 кг	нет	№ 1
2	Содержание икранных самок	от 2 недель до 6 месяцев	1–4	30–35	50–100 10: 14	1,0–2,5 кг	1 раз за двое сут., 0,5% от массы тела самок	№ 2
3	Содержание икранных самок при отделении личинок	7–14 суток	1–4	30–35	Темнота	1,0–2,5 кг	1 раз за двое сут., 0,5% от массы тела самок	№ 2
4	Выращивание личинок	30–40 суток	7–8	30–35	100–200 12: 12	0,5–5 мг	3 раза в сут.	№ 3
5	Выращивание глаукотёз	20–25 суток	8–9	30–35	100–200 12: 12	3,5–6,5 мг	отсутствует	№ 3
6	Выращивание молоди	10–15 суток	8–10	30–35	100–200 12: 12	5,0–9,0 мг	2 раза в сут.	№ 3
7	Выпуск молоди	1 сутки	8–15	30–35	–	5,0–9,0 мг	отсутствует	№ 4

Таблица 2. Параметры ёмкостей, используемых при получении молоди камчатского краба

№	Назначение	Характеристики ёмкости
1	Транспортировка самок	Изотермический прямоугольный контейнер, объём воды 1 м ³
2	Содержание икранных самок, отделение личинок	Пластиковая прямоугольная ёмкость, объём воды 1,5–3,0 м ³
3	Выращивание личинок, глаукотёз и молоди	Пластиковая круглая ёмкость, объём воды 0,5 м ³
4	Сбор и пересадка личинок, транспортировка молоди к месту выпуска	Пластиковая прямоугольная или круглая ёмкость, объём воды 0,015–0,020 м ³

Таблица 3. Оптимальные гидрохимические параметры при выращивании камчатского краба

Показатели	Технологическая норма
Взвешенные вещества, мг/л	до 10
Водородный показатель (рН)	8,0–8,3
Нитриты, мг N/л	до 0,03
Нитраты, мг N/л	до 30
Аммиак свободный, мг N/л	до 0,3
Сероводород, мг/л	0
Фосфаты, мг/л	до 0,1
Щелочность, мг-экв/л	до 200
Жесткость общая, Н°	7–8
Содержание кислорода, мг/л	> 5
S, ‰	30–35

должна превышать 12 часов. Более длительная транспортировка может отрицательно сказаться на жизнеспособности икры, а также стать причиной стресса и появления недоразвитой молоди. При поступлении самок камчатского краба в бассейны комплексов необходимо регистрировать общие размерные и весовые характеристики особей, отмечать повреждения и проводить мечение. Самок крабов следует распределять по бассейнам для получения личинок в зависимости от стадии зрелости икры.

Этап 2 «Содержание икранных самок». При содержании икранных самок оптимальными признаны биотехнические показатели, приведённые в табл. 4. Кормление крабов рекомендуется проводить один раз в двое суток. Основным кормом является мясо кальмара или

трески, нарезанное кусками размером 3–5 см, для устранения конкуренции между самками. Масса корма, необходимого для одного кормления, составляет 0,5% от общей массы содержащихся крабов. Определение состояния икры необходимо проводить раз в десять суток для самок, помещённых в бассейны осенью, и раз в пять суток для самок, отловленных в конце зимы — начале весны. Параллельно ежедневно нужно контролировать выход личинок из икры, чтобы своевременно организовать их пересадку в ёмкости для культивирования.

Таблица 4. Биотехнические показатели содержания икрыных самок камчатского краба

Показатель	Значение
Температура воды, °С	1–4 °С
Водообмен, объёмов ёмкости /сутки	5–10
Режим освещения, свет: темнота, час	10: 14
Освещённость, лк	50–100
Удельная биомасса самок, кг/м ²	7–10
Средняя рабочая плодовитость, тыс. шт. на самку	150
Продолжительность содержания до выхода личинок из икры, сутки:	
осенний вылов	150–210
вылов в начале года	до 45
Продолжительность выхода личинок из икры, сутки	3–20

Успешность проведения этапов 1 «Отлов и доставка икрыных самок» и 2 «Содержание икрыных самок» в значительной степени зависит от физиологического состояния производителей. В связи с этим необходимо уделять особое внимание качеству отбираемых из естественной среды самок. Продолжительность этапа 2 полностью зависит от стадии зрелости икры, поэтому, при наличии выбора, для получения личинок нужно отбирать самок с наиболее зрелой икрой на плеоподах. При содержании производителей в бассейнах основное внимание необходимо уделять гидрохимическим показателям.

Этап 3 «Содержание икрыных самок при отделении личинок». Продолжительность этапа составляет от одних до трёх суток в зависимости от того, насколько быстро проходит выход личинок из икры. В начале этапа

в ёмкости с самками следует устанавливать перфорированную перегородку, разделяющую ёмкость на две половины, в одной из которых находятся самки, а в другой — точечным источником света привлечённые вышедшие из икры личинки. Положительный фототаксис личинок камчатского краба даёт возможность концентрировать их около источника света при низкой освещённости основной части ёмкости. Кормление самок камчатского краба в течение этого этапа проводится реже (1 раз в трое суток) по сравнению с предыдущим. Технологические показатели отделения личинок камчатского краба от самок представлены в табл. 5.

Таблица 5. Технологические показатели отделения личинок камчатского краба от самок

Показатель	Значение
Температура воды, °С	1–4
Водообмен, объёмов ёмкости /сутки	5–10
Режим освещения, свет: темнота, час	0: 24
Освещённость, лк	0 (темнота)
Точечный источник света для концентрации личинок, лк	1000

Вышедших из икры личинок дважды в сутки собирают при помощи сифона и отсаживают в выростные ёмкости. Плотность посадки личинок в выростные ёмкости составляет 100 экз./л. Заполнение выростных ёмкостей личинками должно осуществляться в максимально короткие сроки, и не превышать 1–2 суток. Увеличение продолжительности загрузки выростных ёмкостей приводит к значительной рассинхронизации развития личинок, что негативно сказывается на итоговой выживаемости особей. Общие биологические характеристики личинок камчатского краба, получаемые по завершению данного этапа, представлены в табл. 6.

Таблица 6. Биологические характеристики личинок камчатского краба

Показатель	Значение
Возраст, сутки	1
Длина карапакса, мм	2,5–3,0
Масса, мг	0,5–1,0

Этап 4 «Выращивание личинок». Данный этап является наиболее трудозатратным. Именно в этот период активно растущие личинки краба на ранних стадиях развития проходят череду частых линек, они очень чувствительны к изменениям показателей среды. Кроме того, в данной фазе жизненного цикла у камчатского краба может значительно проявляться каннибализм, что приводит к росту смертности личинок при недостатке корма. Личинки краба ведут планктонный образ жизни, дополнительные субстраты в ёмкостях не нужны. Однако для формирования равномерного распределения личинок важное значение имеют токи воды и освещённость. Основные биотехнические показатели данного этапа культивирования представлены в табл. 7.

Таблица 7. Биотехнические показатели выращивания личинок камчатского краба

Показатель	Значение
Температура воды, °С	7–8
Водообмен, объёмов ёмкости / сутки	3–5
Наличие субстратов	отсутствуют
Режим освещения, свет: темнота, час	12:12
Освещённость, лк	100–200
Распределение освещения	равномерное
Продолжительность выращивания, сутки	30–40
Количество личиночных стадий	4
Выживаемость личинок до стадии глаукотоз, %	50–60
Масса личинок, мг:	
в начале этапа	0,5–1,0
в конце этапа	4,0–5,0

На данном этапе кормление личинок осуществляют науплиями *Artemia* sp. Технологические характеристики процесса получения живого корма описаны в табл. 8.

Кормление личинок проводят три раза в сутки. Экспериментально установленная суточная норма внесения корма личинкам составляет 35% от биомассы особей в начале этапа и 40% в конце этапа. Абсолютные показатели потребления живого корма составляют: зоэа I — 12 науплиусов экз./сутки; зоэа II — 23

Таблица 8. Технологические характеристики процесса получения науплиев артемии

Показатель	Значение
Продолжительность инкубации, час	24
Температура при инкубации, °С	28,0–30,0
Солёность инкубационного раствора, ‰	25–35
Освещённость, лк	1000
Содержание кислорода в инкубационном растворе, мг/л	5–7

науплиуса экз./сутки; зоэа III — 34 науплиуса экз./сутки; зоэа IV — 42 науплиуса экз./сутки [Erelbaum, Kovatcheva, 2005]. Чистка бассейнов и удаление погибших особей проводится раз в сутки.

Этап 5 «Выращивание глаукотоз». На стадии глаукотоз у камчатского краба происходит переход от планктонного к донному образу жизни. В связи с этим в ёмкости для культивирования необходимо установить субстраты для оседания глаукотоз. Глаукотоз является непитающейся стадией в жизненном цикле краба. Развитие на этой стадии происходит за счёт энергетических резервов, накопленных на стадии зоэа. Поскольку глаукотоз не питается, то на этой стадии развития

Таблица 9. Биотехнические показатели выращивания глаукотоз камчатского краба

Показатель	Значение
Температура, °С	8–9
Водообмен, объёмов ёмкости / сутки	3–5
Тип субстратов для оседания	Синтетическое сетчатое полотно
Режим освещения, свет: темнота, час	12:12
Освещённость, лк	100–200
Распределение освещения	равномерное
Продолжительность содержания, сутки	20–25
Тип питания	афагия (вторичное лецитотрофное)
Выживаемость от зоэа I до перехода на стадию молоди, %	40
Масса глаукотоз, мг	3,5–6,5

камчатского краба внесения корма в ёмкости не требуется. Основные биотехнические показатели данного этапа культивирования краба представлены в табл. 9.

Этап 6 «Выращивание молоди». После перехода на стадию молоди камчатский краб начинает питаться. В связи с этим кормление необходимо возобновить. В ходе выращивания внесение пищи рекомендуется проводить два раза в сутки. В качестве корма для крабов применяют комбикорма, и, в меньшей степени, науплии артемии. Молодь камчатского краба ведёт донный образ жизни. На этой стадии необходимо выполнить постепенную замену сетчатых субстратов, для оседания глаукотоз, на донные субстраты из красной водоросли анфельдии (*Ahnfeltia* sp.) и/или пластиковых нитей. Поскольку у молоди уровень каннибализма высок, то рекомендуется понижать плотность посадки и насыщать ёмкость различными типами укрытий. Основные биотехнические показатели этапа представлены в табл. 10. Объём вносимого корма не должен превышать 5–10% от общей массы особей в сутки. Профилактическая чистка бассейнов с молодью, включая удаление погибших особей, проводится один раз в сутки.

Таблица 10. Биотехнические показатели выращивания молоди камчатского краба

Показатель	Значение
Продолжительность содержания, сут	10–15
Тип питания	бентофаг
Выживаемость от зоэа I до момента выпуска, %	30–40
Масса молоди при выпуске, мг	5,0–9,0
Температура, °С	8–10
Режим освещения, свет: темнота, час	12: 12
Освещённость, лк	100–200
Распределение освещения	равномерное
Тип субстратов	красная водоросль анфельдия (<i>Ahnfeltia</i> sp.), пластиковые нити

Этап 7 «Выпуск молоди в естественную среду» является заключительным в технологи-

ческой схеме индустриального выращивания молоди камчатского краба. Продолжительность данного этапа наиболее короткая (одни сутки и менее) и напрямую зависит от оперативности транспортировки молоди к месту выпуска в природу. Выпуск молоди в естественную среду можно проводить после линьки 80–90% особей со стадии глаукотоза на стадию молоди. Основные биотехнические показатели выпуска молоди краба в естественную среду представлены в табл. 11.

Таблица 11. Биотехнические показатели выпуска молоди камчатского краба в природную среду

Показатель	Значение
Плотность посадки в транспортировочную ёмкость, тыс. экз/ёмкость	3
Продолжительность содержания в ёмкостях (при условии дополнительной аэрации), час	до 12
Продолжительность транспортировки без применения дополнительных элементов жизнеобеспечения, час	до 3
Масса молоди на момент выпуска, мг	5,0–9,0
Ширина карапакса молоди на момент выпуска, мм	1,5–2,0

Для успешного вселения искусственно полученной молоди в природную среду важное значение имеет правильный выбор акватории. Для определения оптимального места выпуска следует придерживаться ниже перечисленных критериев.

1. Перспективно проводить выпуск молоди камчатского краба в заливах или бухтах, где конфигурация береговой линии обеспечивает защиту садков с молодью от волновой турбулентности, так как шторма перемещают и засыпают садки илом.

2. Водные массы акватории для выпуска молоди не должны быть подвержены опреснению — эстуарии рек и крупных ручьев должны отсутствовать.

3. Для молоди камчатского краба оптимальными признаны следующие гидрохимические и гидрологические характеристики морских акваторий: температура воды в летний период равна 7–20 °С; солёность — 30–35‰; глубина — 10–20 м (с учётом максимального

отлива); отсутствие сильных подводных течений, способных переместить садки с молодой.

4. Грунт в месте выпуска должен быть галечным или крупнокаменистым, должны отсутствовать значительные участки песчаного или илистого дна, непригодного для обитания молоди камчатского краба. На илистых и песчаных грунтах высок риск того, что садок с молодой будет засыпан и погребён в грунте.

5. Оптимальными биотопами для выпуска молоди камчатского краба являются валуны, поросшие перифитомом, а также заросли макрофитов и их детрит. Выпуск молоди в такие местообитания позволит ракообразным, с одной стороны, найти богатую кормовую базу, а с другой стороны, избежать хищников.

Описанная схема получения молоди камчатского краба прошла успешную апробацию на побережьях Баренцева и Японского морей [Ковачева и др., 2010; 2012; 2015б; 2017]. В ходе работ, выполненных сотрудниками лаборатории марикультуры беспозвоночных ФГБНУ «ВНИРО», на экспериментальных бассейновых комплексах было получено и выпущено в естественную среду более миллиона молоди камчатского краба, выращенной в искусственных условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемая технологическая схема выращивания молоди камчатского краба включает семь основных этапов: «Отлов и доставка икряных самок»; «Содержание икряных самок»; «Содержание икряных самок при отделении личинок»; «Выращивание личинок»; «Выращивание глаукотоз»; «Выращивание молоди»; «Выпуск молоди в естественную среду». Применение охарактеризованных и запатентованных биотехнических методов и подходов к получению и выращиванию молоди камчатского краба позволит оптимизировать культивирование данного вида, а также близких к нему таксономически и экологически видов крабидов (Decapoda: Anomura). Комплексный анализ экологических предпочтений гидробионтов на разных стадиях жизненного цикла позволит прогнозировать перспективы передержки и культивирования. Исследования биологических особенностей камчатского краба подтверждают эффективность представлен-

ной технологической схемы получения молоди вида с целью выпуска в естественную среду для поддержания и восстановления природных популяций. Дальнейшая разработка представленной индустриальной схемы и биотехнических показателей выращивания молоди вида будет способствовать сохранению ресурсов российских арктических и дальневосточных морских акваторий.

ЛИТЕРАТУРА

- Борисов Р.Р., Кряхова Н.В. 2014. Динамика потребления пищи и ее связь с личинными процессами у личинок и молоди *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) (Decapoda: Lithodidae) // Биология моря. Т. 40. № 2. С. 124–130.
- Борисов Р.Р., Паршин-Чудин А.В., Ковачева Н.П. 2012. Роль освещённости и положения субстрата в процессе оседания глаукотоз камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) (Decapoda: Lithodidae) // Биология моря. Т. 38. № 5. С. 389–394.
- Борисов Р.Р., Печёнкин Д.С., Кряхова Н.В., Ковачева Н.П. 2015. Личинные процессы и динамика размерно-весовых показателей у личинок камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Decapoda, Lithodidae) // Вопросы рыболовства. Т. 16. № 1. С. 71–78.
- Борисов Р.Р., Печёнкин Д.С., Ковачева Н.П., Никонова И.Н. 2016. Сравнение раннего онтогенеза синего *Paralithodes platypus* и камчатского *Paralithodes camtschaticus* крабов (Decapoda, Lithodidae) // Труды ВНИРО. Т. 163. С. 94–107.
- Борисов Р.Р., Эпельбаум А.Б., Кряхова Н.В., Тертицкая А.Г., Ковачева Н.П. 2007. Каннибализм у камчатского краба при выращивании в искусственных условиях // Биология моря. Т. 33. № 4. С. 267–271.
- Ковачева Н.П. 2002. Биотехнология искусственного воспроизводства камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в системе с замкнутым циклом водоснабжения // Труды СахНИРО. Т. 3. С. 300–308.
- Ковачева Н.П. 2003. Способ воспроизводства ракообразных (камчатский краб) / Патент РФ № 2200386. Бюл. № 8.
- Ковачева Н.П. 2006. Искусственное воспроизводство и культивирование морских и пресноводных ракообразных отряда Decapoda. Автореф. дисс. ... док. биол. наук. М: ВНИРО. 53 с.
- Ковачева Н.П. 2008. Аквакультура десятиногих ракообразных: камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* и гигантская пресноводная креветка

- Macrobrachium rosenbergii*. М.: Изд-во ВНИРО. 240 с.
- Ковачева Н.П., Борисов Р.Р., Васильев Р.М., Лебедев Р.О. 2007. Способ искусственного воспроизводства ракообразных. Патент РФ № 2365105. Бюл. № 24.
- Ковачева Н.П., Борисов Р.Р., Кряхова Н.В., Лебедев Р.О., Назарцева М.Ю., Морозова Е.Ф., Крючкова А.Б., Масленников С.И. 2012. Достижения искусственного воспроизводства камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* на Дальневосточном и Северном рыбохозяйственных бассейнах // Рыбное хозяйство. № 3. С. 63–66.
- Ковачева Н.П., Борисов Р.Р., Печёнкин Д.С., Никонова И.Н., Тырин Д.В., Чертопруд Е.С. 2017. Развитие, рост и выживаемость искусственно выращенной молоди камчатского краба (Decapoda, Lithodidae) в природе // Рыбное хозяйство. № 3. С. 90–95.
- Ковачева Н.П., Кряхова Н.В., Борисов Р.Р. 2015 а. Стратегия кормления ранних стадий камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) в искусственных условиях // Труды ВНИРО. Т. 153. С. 179–188.
- Ковачева Н.П., Борисов Р.Р., Печёнкин Д.С., Никонова И.Н., Чертопруд Е.С., Лузгин С.Е. 2015 б. Ранний онтогенез синего и камчатского крабов в искусственных и естественных условиях // Рыбное хозяйство. № 4. С. 68–75.
- Ковачева Н.П., Жигин А.В., Эпельбаум А.Б., Борисов Р.Р. 2005. Способ воспроизводства ракообразных (камчатский краб). Патент РФ № 2261594. Бюл. № 28.
- Ковачева Н.П., Калинин А.В., Эпельбаум А.Б., Борисов Р.Р., Лебедев Р.О. 2005. Культивирование камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815). Часть 1. Особенности раннего онтогенеза: бионормативы и рекомендации по искусственному воспроизводству. М.: Изд-во ВНИРО. 76 с.
- Ковачева Н.П., Лебедев Р.О., Паршин-Чудин А.В., Загорский И.А., Борисов Р.Р., Кряхова Н.В. 2010. Успешный опыт искусственного воспроизводства камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* на побережье Баренцева моря // Рыбное хозяйство. № 4. С. 70–73.
- Ковачева Н.П., Масленников С.И., Борисов Р.Р., Кряхова Н.В. 2011. Опыт искусственного воспроизводства камчатского краба в Приморье // Тез. Док. IV Межд. научн. — практ. конф. «Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, Беспозвоночные и продукты их переработки». Южно-Сахалинск: СахНИРО. С. 182.
- Кряхова Н.В., Борисов Р.Р., Чертопруд Е.С., Ковачева Н.П. 2010. Оценка избирательности питания и скорости переваривания корма у личинок камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) // Труды ВНИРО. Т. 148. С. 126–131.
- Паршин-Чудин А.В., Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Лебедев Р.О., Кряхова Н.В., Назарцева М.Ю., Загорский И.А. 2014. Влияние уровня солености на выживаемость камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) на ранних стадиях онтогенеза // Экология. № 2. С. 154–156.
- Epelbaum A.V., Borisov R.R. 2006. Feeding behavior and functional morphology of the feeding appendages of red king crab *Paralithodes camtschaticus* larvae // Mar. Biol. Res. V. 2. № 2. P. 77–88.
- Epelbaum A.V., Borisov R.R., Kovatcheva N.P. 2006. Early development of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* from the Barents Sea reared in the laboratory: morphology and behavior // J. of Mar. Biol. Association of the United Kingdom. V. 86. № 2. P. 317–333.
- Epelbaum A.V., Borisov R.R., Kovatcheva N.P. 2007. Ontogeny of light response in the early life history of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* (Anomura: Lithodidae) // Marine and Freshwater Behaviour and Physiology. V. 40. № 1. P. 33–42.
- Epelbaum A.V., Kovatcheva N.P. 2005. Daily food intakes and optimal food concentrations for red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) larvae fed *Artemia nauplii* under laboratory conditions // Aquaculture Nutrition. V. 11, no. 6. P. 455–462.
- Kovatcheva N.P., Borisov R.R., Parshin-Chudin A.V., Lebedev R.O., Pechonkin D.S. 2013. Culture systems in the coastal complexes which are used in the process of red king crab artificial reproduction in Russia // LARVI'13-Fish & shellfish larviculture symposium. Laboratory of Aquaculture & Artemia Reference Centre, Ghent University, Belgium. P. 223–226.
- Kovatcheva N.P., Epelbaum A.V., Kalinin A.V., Borisov R.R., Lebedev R.O. 2006. Early life history stages of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815): biology and culture. Moscow: VNIRO Publishing. 116 pp.

Поступила в редакцию 18.07.2018 г.
Принята после рецензии 21.09.2018 г.

Aquaculture

Technological scheme and biotechnical indices of industrial cultivation of red king crab juveniles in aquaculture

N.P. Kovatcheva¹, R.R. Borisov¹, N.V. Kryakhova¹, R.O. Lebedev¹, A.V. Parshin-Chudin¹, D.V. Tyrin¹, D.S. Pechenkin¹, E.S. Chertoprud^{1, 2}

¹ Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO»), Moscow

² A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS (FSBIS «IPEE RAS»), Moscow

A technological scheme for growing red king crab juveniles in a modular basin complex was developed. Seven stages were included: “Catch and delivery of females with eggs” (1); “The content of females with eggs” (2); “The content of females in the period of larvae separation” (3); “Growing of larvae” (4); “Growing postlarvae (glaucoetea)” (5); “Growing juveniles” (6); “Release of juveniles in the natural environment” (7). The success of stages 1 and 2 depends on the physiological state of the females. The duration of stage 2 is determined by the stage of maturity of the eggs. In stage 3, a point light source located in the container compartment separated from the females by a perforated septum should be used to quickly harvest newly emerged larvae from eggs. Stage 4 is the most labor-intensive. In this phase of the red king crab life cycle, cannibalism appears, leading to an increase in mortality of larvae with a lack of food. At the stage 5 there is a transition of individuals from the plankton to the bottom way of life. In this regard, in the culture vessel, it is necessary to establish substrates for the settling of postlarvae (glaucoetea). Glaucoetea does not feed, at this stage of development of the red king crab feeding is not carried out. At stage 6, juveniles lead a bottom lifestyle. At this stage, it is necessary to perform a gradual replacement of the nets for settling glaucoetea on bottom substrates. The red king crab juveniles begin to feed, and for its feeding they use mixed fodders, and, to a lesser extent, nauplii of *Artemia sp.* At the final stage 7, it is necessary to prepare the juveniles for transportation and releasing into the natural environment in pre-selected locations. Application of the proposed biotechnical methods and approaches to the production and cultivation of the red king crab juveniles will allow to optimize the cultivation of the species, as well as taxonomically and ecologically related representatives of crabs.

Keywords: red king crab, juveniles growing, modular basin complex, technological scheme of cultivation, aquaculture.

REFERENCES

- Borisov R.R., Kryakhova N.V.* 2014. Dinamika potrebleniya pishchi i ee svyaz' s linochnymi processami u lichinok i molodi *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) (Decapoda: Lithodidae) [Feeding dynamics and its connection with molting of larvae and juveniles of the red king crab *Paralithodes camtschaticus*] // *Biologiya morya*. T. 40. № 2. S.124–130.
- Borisov R.R., Parshin-Chudin A.V., Kovacheva N.P.* 2012. Rol' osveshchennosti i polozeniya substrata v processe osedaniya glaukotoeh kamchatskogo kraba *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) (Decapoda: Lithodidae) [Role of illuminance and substrate location in settlement of glaucoetea of the red king crab *Paralithodes camtschaticus*] // *Biologiya morya*. T. 38. № 5. S. 389–394.
- Borisov R.R., Pechenkin D.S., Kovacheva N.P., Nikonova I.N.* 2016. Sravnenie rannego ontogeneza sinego *Paralithodes platypus* i kamchatskogo *Paralithodes camtschaticus* krabov (Decapoda,

- Lithodidae) [Comparison of early ontogenesis in blue king crab *Paralithodes platypus* and red king crab *Paralithodes camtschaticus* (Decapoda, Lithodidae)] // Trudy VNIRO. T. 163. S.94–107.
- Borisov R.R., Pechenkin D.S., Kryahova N.V., Kovacheva N.P. 2015. Linochnye processy i dinamika razmerno-vesovykh pokazatelej u lichinok kamchatskogo kraba *Paralithodes camtschaticus* (Decapoda, Lithodidae) [Molting process and dynamics of size and weight in the larvae of king crab *Paralithodes camtschaticus* (Decapoda, Lithodidae)] // Voprosy rybolovstva. T. 16. № 1. S. 71–78.
- Borisov R.R., Ehpel'baum A.B., Kryahova N.V., Tertickaya A.G., Kovacheva N.P. 2007. Kannibalizm u kamchatskogo kraba pri vyrashchivanii v iskusstvennykh usloviyah [Canibalistic behavior of red king crab reared under laboratory conditions] // Biologiya morya. T. 33. № 4. S. 267–271.
- Kovacheva N.P. 2002. Biotekhnologiya iskusstvennogo vosproizvodstva kamchatskogo kraba *Paralithodes camtschaticus* v sisteme s zamknutym ciklom vodosnabzheniya [Biotechnology of artificial reproduction of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* in a closed recirculation water system] // Trudy SakhNIRO — T.3. — S. 300–308.
- Kovacheva N.P. 2003. Sposob vosproizvodstva rakoobraznykh (kamchatskij krab) [The method of crustaceans reproduction (red king crab)] // Patent RF № 2200386. Byul. № 8.
- Kovacheva N.P. 2006. Iskusstvennoe vosproizvodstvo i kul'tivirovanie morskikh i presnovodnykh rakoobraznykh otrjada Decapoda [Artificial reproduction and cultivation of marine and freshwater crustaceans of the order Decapoda]. // Avtoref. diss. ... dok. biol. nauk. M.: VNIRO. 53 s.
- Kovacheva N.P. 2008. Akvakul'tura desyatinogih rakoobraznykh: kamchatskij krab *Paralithodes camtschaticus* i gigantskaya presnovodnaya krevetka *Macrobrachium rosenbergii* [Aquaculture of crustacean of the order Decapoda: red king crab *Paralithodes camtschaticus* and giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*]. // M.: VNIRO. 240 s.
- Kovacheva N.P., Borisov R.R., Vasil'ev R.M., Lebedev R.O. 2007. Sposob iskusstvennogo vosproizvodstva rakoobraznykh [The method of artificial reproduction of crustaceans] // Patent RF № 2365105. Byul. № 24.
- Kovacheva N.P., Borisov R.R., Kryahova N.V., Lebedev R.O., Nazarceva M. Yu., Morozova E.F., Kryuchkova A.B., Maslennikov S.I. 2012. Dostizheniya iskusstvennogo vosproizvodstva kamchatskogo kraba *Paralithodes camtschaticus* na Dal'nevostochnom i Severnom rybohozyajstvennykh bassejnah [Achievements of artificial reproduction of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* in the Far East and Northern Fisheries basins] // Rybnoe hozyajstvo. № 3. S. 63–66.
- Kovacheva N.P., Borisov R.R., Pechenkin D.S., Nikonova I.N., Tyrin D.V., Chertoprud E.S. 2017. Razvitie, rost i vyzhivaemost' iskusstvenno vyrashchennoj molodi kamchatskogo kraba (Decapoda, Lithodidae) v prirode [Development, growth and survival of artificially grown red king crab juveniles (Decapoda, Lithodidae) in the nature] // Rybnoe hozyajstvo. № 3. S. 90–95.
- Kovacheva N.P., Kryahova N.V., Borisov R.R. 2015 a. Strategiya kormleniya rannih stadij kamchatskogo kraba *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) v iskusstvennykh usloviyah [Feeding Strategy of Early Development Stages of Red King Crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) in Artificial Conditions] // Trudy VNIRO. T. 153. S. 179–188.
- Kovacheva N.P., Borisov R.R., Pechenkin D.S., Nikonova I.N., Chertoprud E.S., Luzgin S.E. 2015 b. Rannij ontogenez sinego i kamchatskogo krabov v iskusstvennykh i estestvennykh usloviyah [Early ontogenesis of red king crab and blue crab under artificial and natural conditions] // Rybnoe hozyajstvo. № 4. S. 68–75.
- Kovacheva N.P., Zhigin A.V., Ehpel'baum A.B., Borisov R.R. 2005. Sposob vosproizvodstva rakoobraznykh (kamchatskij krab) [The method of crustaceans reproduction (red king crab)] // Patent RF № 2261594. Byul. № 28.
- Kovacheva N.P., Kalinin A.V., Ehpel'baum A.B., Borisov R.R., Lebedev R.O. 2005. Kul'tivirovanie kamchatskogo kraba *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815). Chast' 1. Osobennosti rannego ontogeneza: bionormativy i rekomendacii po iskusstvennomu vosproizvodstvu [Cultivation of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) Part 1. Early ontogenesis. Biotechniques and recommendations for artificial reproduction] // M.: VNIRO. 76 s.
- Kovacheva N.P., Lebedev R.O., Parshin-Chudin A.V., Zagorskij I.A., Borisov R.R., Kryahova N.V. 2010. Uspeshnyj opyt iskusstvennogo vosproizvodstva kamchatskogo kraba *Paralithodes camtschaticus* na poberezh'e Barenceva morya [Successful experience of artificial reproduction of the king crab on the coast of the Barents sea] // Rybnoe hozyajstvo. № 4. S. 70–73.
- Kovacheva N.P., Maslennikov S.I., Borisov R.R., Kryahova N.V. 2011. Opyt iskusstvennogo vosproizvodstva kamchatskogo kraba v Primor'e [Experience of artificial reproduction of the red king crab in Primorye] // Tez. Dok. IV Mezhd. nauch. — prakt. konf. «Morskie pribrezhnye ehkosistemy. Vodorosli,

- Bespozvonochnye i produkty ih pererabotki». YUzhno-Sahalinsk: SahNIRO. С. 182.
- Kryahova N.V., Borisov R.R., Chertoprud E.S., Kovacheva N.P. 2010. Ocenka izbiratel'nosti pitaniya i skorosti perevarivaniya korma u lichinok kamchatskogo kraba (*Paralithodes camtschaticus*) [Estimation of selective feeding and digestion rate in red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) larvae] // Trudy VNIRO. T. 148. S.126–131.
- Parshin-Chudin A.V., Borisov R.R., Kovacheva N.P., Lebedev R.O., Kryahova N.V., Nazarceva M. Yu., Zagorskij I.A. 2014. Vliyanie urovnya solenosti na vyzhivaemost' kamchatskogo kraba *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) na rannih stadiyah ontogeneza [Influence of the salinity level on the survival of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) in the early stages of ontogenesis] // Ehkologiya. № 2. S. 154–156.
- Epelbaum A.B., Borisov R.R. 2006. Feeding behavior and functional morphology of the feeding appendages of red king crab *Paralithodes camtschaticus* larvae // Mar. Biol. Res. V. 2. № 2. P. 77–88.
- Epelbaum A.B., Kovacheva N.P. 2005. Daily food intakes and optimal food concentrations for red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) larvae fed *Artemia* nauplii under laboratory conditions // Aquaculture Nutrition. V. 11, no. 6. P. 455–462.
- Epelbaum A.B., Borisov R.R., Kovacheva N.P. 2006. Early development of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* from the Barents Sea reared in the laboratory: morphology and behavior // J. of Mar. Biol. Association of the United Kingdom. V. 86. № 2. P. 317–333.
- Epelbaum A.B., Borisov R.R., Kovacheva N.P. 2007. Ontogeny of light response in the early life history of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* (Anomura: Lithodidae) // Marine and Freshwater Behaviour and Physiology. V. 40. № 1. P. 33–42.
- Kovacheva N.P., Borisov R.R., Parshin-Chudin A.V., Lebedev R.O., Pechonkin D.S. 2013. Culture systems in the coastal complexes which are used in the process of red king crab artificial reproduction in Russia // LARVI'13-Fish & shellfish larviculture symposium. Laboratory of Aquaculture & Artemia Reference Cent, Ghent University, Belgium. P. 223–226.
- Kovacheva N.P., Epelbaum A.B., Kalinin A.V., Borisov R.R., Lebedev R.O. 2006. Early life history stages of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815): biology and culture. // Moscow: VNIRO Publishing. 116 pp.

TABLE CAPTIONS

- Table 1.** Technological scheme for obtaining red king crab juveniles in the basin module.
- Table 2.** Parameters of the tanks and containers used in obtaining red king crab juveniles.
- Table 3.** Optimal hydrochemical parameters during red king crab cultivation.
- Table 4.** Biotechnical indices of red king crab females with eggs maintenance.
- Table 5.** Technological parameters of larval separation from red king crab females.
- Table 6.** Biological characteristics of red king crab larvae.
- Table 7.** Biotechnical indicators of red king crab larvae cultivation.
- Table 8.** Characteristics of the production process of *Artemia sp.* Nauplii.
- Table 9.** Biotechnical indicators of red king crab glaucotoc cultivation.
- Table 10.** Biotechnical indices of red king crab juvenile cultivation.
- Table 11.** Biotechnical indicators of the red king crab juveniles releasing in the natural environment.

FIGURE CAPTIONS

- Fig. 1.** Diagram of the flow basin module for growing red king crab juveniles.
- Legend: 1 — tank for keeping females and obtaining larvae; 1.1 — section for keeping females, 1.2 — section for larvae concentrating, 1.3 — technical section; 2 — tanks for larvae, glaucotoc and juveniles cultivation; 3 — storage tank; 4 — water supply of the sea water source without thermostating; 5 — water supply of the recirculation system; 6 — a drain collector; 7 — recirculation manifold; 8 — UV sterilizer; 9 — chiller; 10 — the pump; 11 — mechanical filter; 12 — sand filter.