

Ранний онтогенез синего и камчатского крабов в искусственных и естественных условиях

Д-р биол. наук Н.П. Ковачева, канд. биол. наук Р.Р. Борисов, Д.С. Печенкин, И.Н. Никонова, канд. биол. наук Е.С. Чертопруд – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»); С.Е. Лузгин – ООО «Бионт-К», Приморский край, kovatcheva@vniro.ru; borisovrr@mail.ru; ranico@yandex.ru; horsax@yandex.ru; biont.k@gmail.com

Ключевые слова: Японское море, камчатский краб, синий краб, искусственное воспроизводство, выживаемость молоди в природных условиях

Весной 2015 г. на акватории бухты Северной залива Славянка Японского моря проведены работы по программе восстановления природных запасов промысловых ракообразных. В искусственных условиях берегового бассейнового комплекса получены личинки камчатского и синего крабов, проведено их подращивание и осуществлен выпуск жизнестойкой молоди в природную среду. Искусственное воспроизводство синего краба выполнено в России впервые. Проведен сравнительный анализ развития ранних онтогенетических стадий синего и камчатского крабов. Оценена выживаемость искусственно полученной молоди видов в природных условиях на временном интервале более двух месяцев.



Рисунок 1. Выростные емкости: А - с рабочим объемом 200 л; Б - с рабочим объемом воды 1 м³

Постановка проблемы

Государственная политика в области рационального использования водных биоресурсов заключается в сохранении и пополнении сырьевой базы ценных промысловых рыб и беспозвоночных, в том числе – ракообразных. В условиях негативного влияния на среду обитания хозяйственной деятельности, искусственное воспроизводство является эффективным, а во многих случаях основным источником пополнения водных биоресурсов.

Наиболее уязвимыми стадиями развития большинства живых организмов являются ранние стадии онтогенеза. На этих стадиях проявляется сильная зависимость выживания и успешного развития от условий окружающей среды. В этой связи при искусственном воспроизводстве выпуск молоди, полученной в контролируемых условиях, осуществляется после прохождения раннего развития.

Биотехники искусственного воспроизводства созданы далеко не для всех промысловых крабов и крабоидов. В России применяется технология получения молоди камчатского краба с последующим ее экспериментальным выпуском в естественную среду, разработанная специалистами ФГБНУ «ВНИРО» [3; 4; 9; 5]. С 2010 по 2013 гг. экспериментальные работы по искусственному воспроизводству камчатского краба проводились на, созданных с участием специалистов ВНИРО, прибрежных комплексах в пос. Дальние Зеленцы (Баренцево море, совместно с ООО «Дальние Зеленцы») и на Морской биологической станции «Запад», ИБМ ДВО РАН, пос. Авангард, Приморье [7; 5]. Исследования по выращиванию и выпуску в море молоди камчатского и синего крабов также проводятся специалистами из США на Аляске [7; 8; 12; 11; 10]. Несмотря на значимость синего краба, как промыслового объекта, подобных исследований в России до настоящего времени не проводилось. Кроме того, актуальным вопросом искусственного воспроизводства любых гидробионтов является оценка промыслового возврата особой после выпуска, основанная на выживаемости искусственно полученной молоди в естественной среде. Для ракообразных, в том числе крабов, данный вопрос также остается открытым.

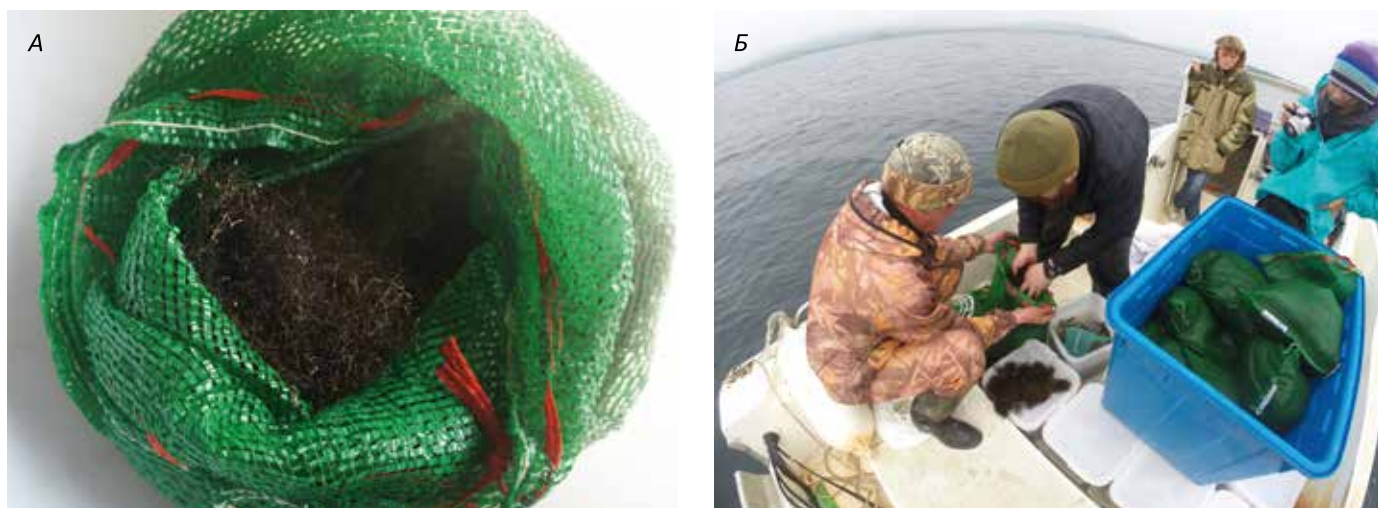


Рисунок 2. А - Садок для выпуска молоди крабов на основе сетчатых мешков из полимерной нити; Б – выпуск молоди камчатского и синего крабов в бухте Северной Японского моря

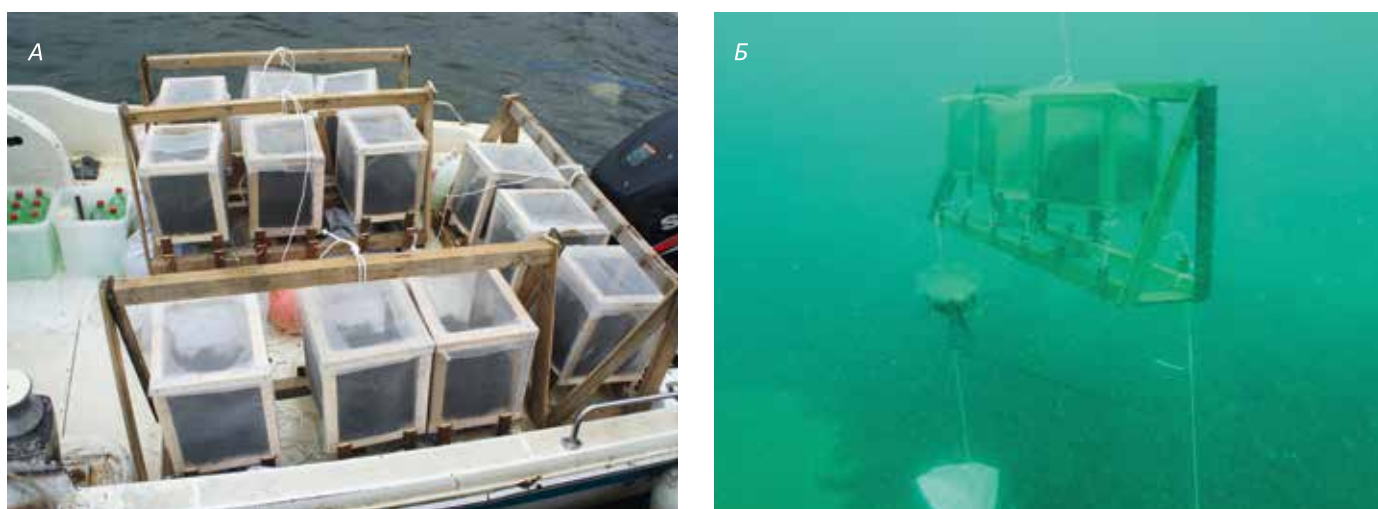


Рисунок 3. А - Экспериментальные каркасные садки; Б - расположение экспериментальных садков в море

В связи с вышесказанным, целью настоящей работы являлось апробирование разработанной технологии по искусственному воспроизводству камчатского краба для синего краба, включающее сравнительный анализ развития ранних возрастных стадий видов. Параллельно проведена оценка выживаемости искусственно полученной молоди камчатского и синего крабов в полувольных условиях в море.

Методические подходы и экспериментальные исследования

Район проведения исследований. Работы выполнены сотрудниками лаборатории марикультуры беспозвоночных ФГБНУ «ВНИРО» весной 2015 г. на базе завода по производству дальневосточного трепанга ООО «Бионт-К», расположенного на побережье бухты Северной, залива Славянка, Японского моря (Приморский край). Ареал камчатского краба полностью охватывает морские акватории Приморского края, где этот вид является типичным объектом промысла [6]. Для синего краба залив Петра Великого находится на южной границе ареала и ранее представителей вида отмечали здесь единично. Однако в последние годы характерен рост численности синего краба на этой территории [2]. Одной из причин наблюдаемого увеличения популяции, возможно, является перемещение крабов из других частей ареала. Кроме того, на акватории залива Петра Великого регулярно

осуществляли выпуск изъятых незаконно выловленного живого синего краба. Проведенная таким образом преднамеренная интродукция привела к тому, что синий краб в Приморье адаптировался к новым условиям [2].

Характеристики бассейнового комплекса. Для проведения работ по получению молоди крабов использовали семь пластиковых прямоугольных емкостей (с объемом воды 0,2 м³) (рис. 1.А) и четыре бассейна (с объемом воды 1 м³) (рис. 1.Б). Подача воды осуществлялась из моря, с глубины 3-4 м, на удалении 150 м от берега. Система водоподачи включала в себя: насосную станцию водозабора, песчаный фильтр грубой очистки, УФ-стерилизатор, песчаные фильтры тонкой очистки, накопительные танки объемом 120 м³, накопительные баки с системой подогрева воды.

Биотехнические этапы. Работы проводились в соответствии с, разработанными специалистами ФГБНУ «ВНИРО», биотехническими нормативами по получению молоди камчатского краба и выпуска ее в естественную среду [3; 4; 9]. Технологическая цепочка получения молоди камчатского и синего крабов для выпуска в естественную среду обитания включала в себя следующие биотехнические этапы:

- выполнение комплекса мероприятий по содержанию самок и получению от них личинок;
- культивирование планктонных личинок на протяжении 4-х стадий;

Таблица 1. Биотехнические показатели выращивания личиночных стадий и стадии глаукотоз синего *Paralithodes platypus* и камчатского *Paralithodes camtschaticus* крабов

Стадия	Продолжительность стадий, сутки	Градусодни	Температура °С средняя/максимальная	Длина*/ширина** карапакса (±SD), мм
Синий краб <i>Paralithodes platypus</i>				
Зоэа I	6-7	54	7,7/8,7	1,43±0,06
Зоэа II	6-7	59	8,4/8,7	1,6±0,06
Зоэа III	6-7	64	9,1/9,6	1,95±0,1
Зоэа IV	8-9	88	9,8/10,8	2,27±0,08
Глаукотоз **	16-18	182	10,7/12,7	1,70±0,10
Молодь **	-	-	-	1,84±0,11
Камчатский краб <i>Paralithodes camtschaticus</i>				
Зоэа I	7-8	55	6,8/7,8	1,38±0,04
Зоэа II	6-7	57	8,2/8,8	1,5±0,05
Зоэа III	7-8	69	8,6/9,4	1,76±0,10
Зоэа IV	7-8	80	10,0/10,8	2,0±0,12
Глаукотоз **	17	168	9,9/11,1	1,50±0,13
Молодь **	-	-	-	1,60±0,10

*Длина карапакса личинок измерена без учета длины рострума и шипов (от глазной вырезки до заднего края карапакса);

**ширина карапакса глаукотоз и молоди

- подготовка к оседанию на субстрат и культивирование постличиночек (глаукотоз) до линьки на стадию малька;

- подготовка молоди к выпуску в природную среду.

В качестве корма использовали живые науплии артемии (*Artemia sp.*).

Выпуск молоди в естественную среду. Для выпуска молоди в природную среду использовали новый тип садков, изготовленных из сетчатых мешков из полимерной нити с ячейкой плетения 2x5 мм (рис. 2). Структура материала мешков позволяла защитить в первые недели молодь краба от хищников и не препятствовала дальнейшему выходу адаптировавшейся молоди в естественную среду. В качестве субстратов использованы водоросль анфельция (*Ahnfeltia*) и сетка из синтетического материала. Биотоп, выбранный для размещения садков, располагался на глубине 10-12 м. На дне в месте выпуска имелись большие поля анфельции, грунт песчано-илистый, с участками камней и ракушечника.

Эксперименты по оценке выживаемости молоди синего и камчатского крабов в природной среде. Для проведения работ по изучению роста и выживаемости, выпущенной молоди камчатского и синего крабов, были сформированы 12 экспериментальных садков (рис. 3). Садки представляли собой деревянный каркас, обтянутый пластиковой сеткой (диаметр ячеек 1,5 мм), не позволявшей молоди покинуть садок. Объем садка составлял 30 л, плотность посадки – 50 особей на садок. В качестве субстрата использовали анфельцию. Садки разместили непосредственно в месте выпуска молоди, подвесив их в толще воды на небольшом расстоянии от дна на системе якорей. Проверку выживаемости молоди в садках осуществляли через десять, тридцать и семьдесят суток после выпуска. Контролем эксперимента послужили наблюдения за ростом и выживаемостью молоди синего и камчатского крабов при индивидуальном и групповом содержании в условиях бассейнового комплекса.

Результаты апробации биотехники получения молоди камчатского и синего крабов в искусственных условиях

Личинки были получены от четырех самок камчатского и одной самки синего крабов. Процесс выхода личинок из икры у камчатского краба происходил достаточно интенсивно. Общая продолжительность выхода личинок из икры составляла около 7-10 суток, обычно в ночные часы. Динамика выхода личинок из икры у синего и камчатского крабов была сходной.

Сравнительная характеристика ранних стадий камчатского и синего крабов. Личинки (рис. 4), глаукотоз (рис. 5) и молодь (рис. 6) первой стадии камчатского и синего крабов в целом имели сходное внешнее строение. Отличия отмечены нами в окраске, внешней морфологии и поведении. Так, окраска личинок, глаукотоз и молоди камчатского и синего крабов позволяют легко отличать два вида (рис. 3-5).

Кроме окраски синий и камчатский краб отличаются и рядом других особенностей морфологии, например, личинки синего краба имеют более короткий, относительно остального тела, рострум, а молодь синего краба несет на поверхности карапакса большее количество мелких шипов.

Несмотря на общее сходство поведения, личинки синего и камчатского краба, отличались некоторыми особенностями, например, они менее охотно занимали толщу воды в ёмкостях. Это может свидетельствовать о том, что личинки данного вида в естественной среде занимают преимущественно более глубокие слои водной массы.

Сразу после вылупления из икры личинки синего краба были крупнее личинок камчатского (табл. 1). Это преимущество сохранилось и в дальнейшем, в результате – полученные особи молоди синего краба были крупнее молоди камчатского краба. Личинки синего краба активно потребляли науплии артемии. У обоих видов регистрировали высокий темп личиночного роста (табл. 1). Продолжительность личиночных стадий и стадии глаукотоз, а также количество градусодней, необходимых для прохождения развития у синего и камчатского краба, были близкими (табл. 1).

В конце четвертой стадии зоэа в экспериментальных емкостях температура воды неоднократно поднималась выше 10 °С, что выше, рекомендуемых нами, для культивирования личиночных стадий 7-8 °С. Последнее было вызвано общим повышением температуры, как на акватории, так и в помещении цеха, где проводились работы. Повышение температуры сопровождалось значительной гибелью личинок синего краба, тогда как камчатский краб оказался значительно устойчивее к этому фактору. Так, в индивидуальных емкостях после повышения температуры до 11 °С постепенно погибли 90% особей синего краба, а среди камчатского краба за тот же период случаи гибели особей отмечены не были. По-видимому, это связано с тем, что синий краб является более холодолюбивым видом по сравнению с камчатским.



Рисунок 4. Личинки камчатского (А) и синего (Б) крабов

Таблица 2. Величина прироста ширины карапакса у молоди камчатского краба

Стадия	Естественная среда		Искусственные условия	
	ШК, мм	Прирост, %	ШК, мм	Прирост, %
Первая	1,6±0,1	-	1,6±0,1	-
Вторая	2,0±0,2	25	2,0±0,2	25
Третья	2,9±0,3	45	2,6±0,2	30

Для оседания глаукотоз была использована сетка из синтетического материала с диаметром ячеек 1 мм. Сетка размещалась в толще воды (рис. 7). Глаукотоз активно оседали на субстрат данного типа, преимущественно занимая его верхнюю половину. Средняя продолжительность стадии глаукотоз как для камчатского, так и для синего краба составила 17 суток. На протяжении большей части стадии глаукотоз активно перемещались в толще воды. За трое-четверо суток до линьки на молодь первой стадии, число плавающих особей существенно сократилось, а за сутки до линьки глаукотоз не поднимались в толщу воды, а сидели на субстратах.

После появления в выростных емкостях первых особей молоди, в них была добавлена, в качестве дополнительного субстрата, водоросль анфельция, предварительно очищенная от эпифитной фауны.

В результате выполненных работ было получено 209 тыс. экз. молоди камчатского и 21 тыс. особей синего крабов. Полученная молодь 29 мая была выпущена в природную среду в бухте Северная, залива Славянка (Японское море).

Выживаемость искусственно полученной молоди крабидов в природных условиях

В результате эксперимента по выпуску молоди в естественную среду показано, что выживаемость особей в полувольных условиях в море спустя 10 суток с момента выпуска составила 78% для камчатского (рис. 7 А) и 72% для синего краба (рис. 8 А). Эти показатели свидетельствуют о высокой выживаемости молоди крабов после выпуска в естественную среду, а также об отсутствии стресса при транспортировке и от изменения температурного режима. В искусственных условиях, при содержании в выростных емкостях, показатели выживаемости

были несколько ниже – 74% и 55% соответственно (рис. 7 Б и 8 Б).

Выживаемость молоди камчатского краба через 30 суток в полувольных условиях в среднем составила 59% от общего числа выпущенных особей (рис. 8 А). Данное значение близко к выживаемости в групповом эксперименте – 63% (рис. 8 Б) и заметно ниже, чем при индивидуальном содержании особей – 82% (рис. 7.В). Это связано с тем, что для молоди камчатского краба типичен каннибализм, который значительно повышает смертность особей при групповом содержании [1]. Синий краб, напротив, характеризуется меньшим уровнем каннибализма по сравнению с камчатским крабом [11]. Однако необходимо отметить, что индивидуальное содержание особей, в целях повышения выживаемости, неприменимо при промышленном культивировании крабов из-за экономической нецелесообразности.

Выживаемость молоди синего краба в полувольных условиях через 30 суток после выпуска составила 50% от общего числа выпущенных особей (рис. 9 А). Это гораздо выше, чем выживаемость вида в искусственных условиях – 22% при групповом (рис. 9 Б) и всего 2% при индивидуальном (рис. 8 В) содержании. Низкая выживаемость молоди холодноводного синего краба в искусственных условиях обусловлена подъемом температуры воды в бассейнах до 21-22 °С, что связано с жаркими погодными условиями и, как следствие, перегревом помещений комплекса. Проведенные американскими учеными эксперименты по определению верхней границы температурного диапазона у молоди синего краба показали, что летальная температура для этих крабидов составляет около 21,3 °С (продолжительность эксперимента 24 часа) [12]. В наших экспериментах верхняя граница температуры воды, после которой наблюдалась гибель особей синего краба, составила 13,0-15,0 °С. В итоге, поскольку вы-

Рисунок 5. Глаукотоз камчатского (А) и синего (Б) крабов





Рисунок 6. Молодь первой стадии камчатского (А) и синего (Б) крабов

живаемость молоди камчатского краба в полувольных условиях (59%) и в групповом эксперименте (63%) близки, можно заключить, что условия в акватории, выбранной для выпуска, оптимальны для вида. Повышение температуры воды в емкостях комплекса не сказалось отрицательно на выживаемости молоди камчатского краба, так как этот вид приспособлен для обитания на верхней сублиторали и способен выносить значительные перепады температур. По данным А.В. Стонера с соавторами [12], верхняя допустимая граница температурного диапазона для молоди камчатского краба составляет 24,3 °С. Данные американских исследователей коррелируют с температурой верхней границы оптимума содержания молоди камчатского краба, полученной нами – 20-22 °С.

В табл. 2 представлены показатели роста особей, содержащихся в садках в естественной среде и в выростных емкостях в искусственных условиях. Показатели прироста у особей из садков и из выростных емкостей в период линьки с первой на вторую стадию были одинаковыми и составили 25% по ширине карапакса (ШК). После следующей линьки величина прироста увеличилась в обеих группах молоди до 30-45%, причем молодь, содержащаяся в садках, показала более высокий прирост. Сумма среднесуточных эффективных температур развития молоди камчатского краба первой, второй и третьей стадий составила 227, 193 и 235 градусодней соответственно.

Экспериментальные работы по изучению выживаемости и роста молоди камчатского краба в естественной среде продолжаются. При проверке садков в море на 80 сутки (1192 градусодней) ширина карапакса особей колебалась от 3,0 до 7,0 мм и в среднем составила $5,65 \pm 1,0$ мм. Так как возможность проследить периоды с 50-х по 80-е сутки (конец июля – начало августа) отсутствовала, предполагаем, что за данный период молодь прошла две линьки, при этом средний прирост за стадию составил 40-50%. В указанном периоде (по данным сотрудников ООО «Бионт-К») вода в бухте на глубине 10 м прогрелась до 23 °С. Это способствовало быстрому росту молоди камчатского краба, ширина карапакса которой за это период увеличилась больше чем в два раза, а выживаемость составляла 64% от посадки. Молодь была крупной, активной с интенсивной окраской тела (рис. 10).

Заключение

Впервые в России выполнен полный технологический цикл воспроизводства синего краба. Проведенные исследования показали, что разработанные методы получения молоди камчатского краба могут быть с успехом применены для получения молоди синего краба. В связи с тем, что синий краб на всех этапах раннего онтогенеза более чувствителен к повышению температуры выше оптимальных для вида значений, особое внимание в процессе его искус-



Рисунок 7. Субстраты для оседания глаукотоз в выростных емкостях

ственного воспроизводства следует уделить контролю данного фактора. В этой связи установки по культивированию синего краба должны оснащаться системами дополнительного охлаждения воды.

Установлена верхняя граница температурного оптимума для молоди синего и камчатского крабов в искусственных и полувольных условиях – 13-15 °С и 20-22 °С соответственно.

В полувольных условиях в море и в искусственных условиях выживаемость, полученной заводским методом молоди камчатского краба в возрасте 30 суток (с I по III стадия), составляет в среднем 59% и 63%, а прирост – 45 и 30% соответственно. Указанные показатели по выживаемости и росту молоди показывают высокую эффективность искусственного воспроизводства камчатского краба. Полученные данные опровергают предположения о массовой гибели искусственно получен-

ных крабов после выпуска в естественную среду [11].

Проведенные сотрудниками ФГБНУ «ВНИРО» работы и экспериментальный выпуск молоди камчатского и синего крабов на береговой базе и акватории ООО «Бионт-К» (Приморье) являются производственной проверкой, как неотъемлемой части разработки любой технологии в области аквакультуры, предшествующей ее внедрению в производственном масштабе. Полученные результаты являются примером сотрудничества и объединения усилий науки и бизнеса в повышении эффективности марикультуры беспозвоночных. Эти работы позволят оценить выживаемость искусственно выращенной молоди промысловых видов крабов в море, как один из ключевых элементов определения их промыслового возврата и обеспечат решение таких масштабных вопросов как сохранение богатства водных биологических ресурсов Российской Федерации.

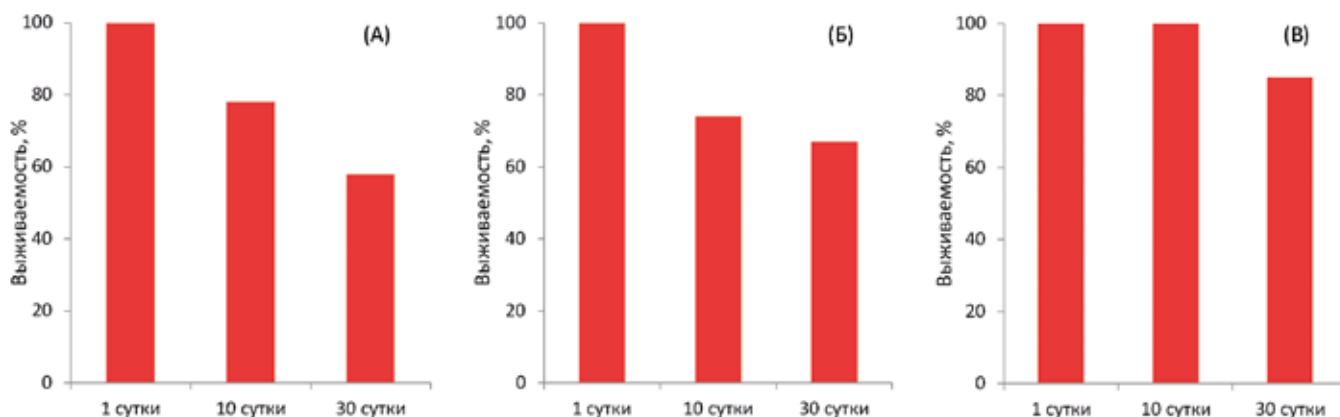


Рисунок 8. Выживаемость молоди камчатского краба: А – в садках в море; Б – в искусственных условиях при групповом содержании; В – в искусственных условиях при индивидуальном содержании

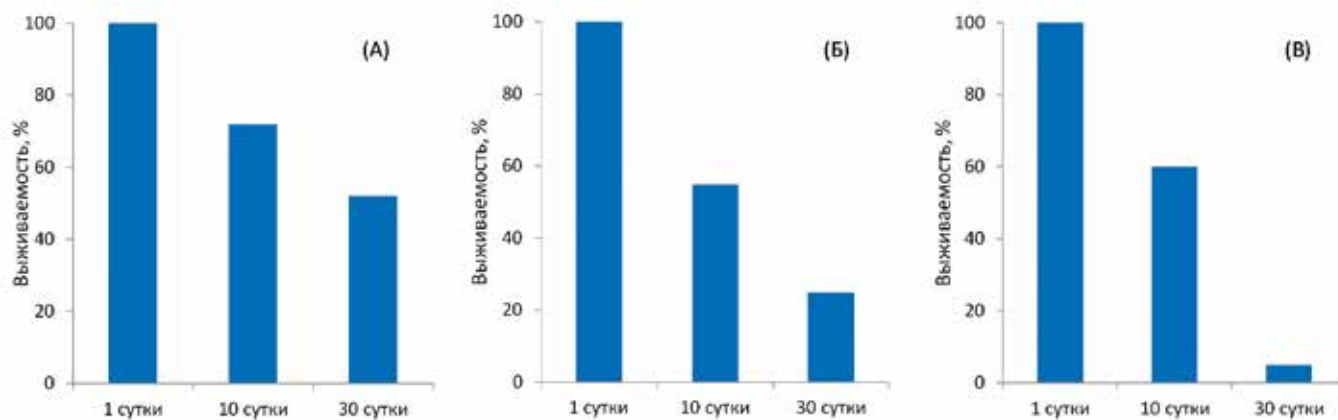


Рисунок 9. Выживаемость молоди синего краба: А. – в садках в море; Б. – в искусственных условиях при групповом содержании; В. – в искусственных условиях при индивидуальном содержании

ЛИТЕРАТУРА:

- Борисов Р. Р., Эпельбаум А. Б., Кряхова Н. В., Тертицкая А. Г., Ковачева Н. П. Каннибализм у камчатского краба при выращивании в искусственных условиях // Биология моря. 2007. Т. 33. № 4. С. 267–271.
- Кобликов В. Н., Борилко О. Ю., Пономарев С. С. О росте численности синего краба (*Paralithodes platypus*) в заливе Петра Великого (Японское море) // Изв. ТИНРО. 2010. Т. 161. С. 68–78.
- Ковачева Н. П. Искусственное воспроизводство и культивирование морских и пресноводных ракообразных отряда Decapoda: Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. док. биол. наук. М.: ВНИРО, 2006. 53 с.
- Ковачева Н. П. Аквакультура ракообразных отряда Decapoda: камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* и гигантская пресноводная креветка *Macrobrachium rosenbergii*. М.: ВНИРО, 2008. 239 с.
- Ковачева Н. П., Борисов Р. Р., Кряхова Н. В., Лебедев Р. О., Паршин-Чудин А. В., Назарцева М. Ю. Достижения искусственного воспроизводства камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) на Дальневосточном и Северном рыбохозяйственных бассейнах // Рыбное хозяйство. 2012. № 3. С. 63–67.
- Ковачева Н. П., Калинин А. В., Эпельбаум А. Б., Борисов Р. Р., Лебедев Р. О. Культивирование камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815). Часть 1. Особенности раннего онтогенеза. Бионормативы и рекомендации по искусственному воспроизводству. М.: ВНИРО, 2005. 76 с.
- Ковачева Н. П., Лебедев Р. О., Паршин-Чудин А. В., Загорский И. А., Борисов Р. Р., Кряхова Н. В. Успешный опыт искусственного воспроизводства камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* на побережье Баренцева моря // Рыбное хозяйство. 2010. № 4. С. 70–73.
- Слизкин А. Г., Сафронов С. В. Промысловые крабы прикамчатских вод. Петропавловск-Камчатский: Эко, 2000. 180 с.
- Daly B., Swingle J. S. High-density nursery culture of recently-settled blue king crabs (*Paralithodes platypus*): Comparisons to red king crabs (*Paralithodes camtschaticus*) // Aquaculture. 2013. V. 416-417. P. 196–200.
- Daly B., Swingle J. S., Lean C. Morphometrics, fecundity, and hatch timing of blue king crabs (*Paralithodes platypus*) from the Bering Strait, Alaska, USA. // J. Crust. Biol. 2011. V. 31(2). P. 304–312.
- Kovatcheva N. P., Epelbaum A. B., Kalinin A. V., Borisov R. R., Lebedev R. O. Early life history stages of the red king crab *Paralithodes*



Рисунок 10. Молодь камчатского краба в садках в возрасте 80 суток после линьки глаукотоз на первой мальковой стадии

- camtschaticus* (Tilesius, 1815): biology and culture. Moscow: VNIRO Publishing, 2006. 116 p.
- Long W.C., Scott B.V.S., Haaga J.A., 2005. Habitat, predation, and coexistence: Coud interactions between juvenile red and blue king crabs limit blue king crab productivity? // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 2015. V. 14. P. 1–41.
 - Stevens B.G., Persselin S., Matweyou J. Survival of blue king crab *Paralithodes platypus* Brandt, 1850, larvae in cultivation: effects of diet, temperature and rearing // Aquac. Res. 2008. V. 39. P. 390–397.
 - Stoner A.W., Copeman L.A., Ottmar M.L. Molting, growth, and energetics of newly-settled blue king crab: Effects of temperature and comparisons with red king crab // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 2013. V. 442. P. 10–21.

Early ontogenesis of king and blue crab under artificial and natural conditions

Kovacheva N.P., Borisov R.R., Pechenkin D.S., Nikonoca I.N., Chertoprud E.S. – Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography
Luzgin S.E. – “Biont-K” limited company

In 2015 in the Sea of Japan the works was performed in the frames of program of commercial crustaceans natural stocks restoration. Blue and king crabs larvae were obtained under artificial conditions. Larvae were grown and released into the natural environment. Artificial reproduction of blue and king crab in Russia was studied for the first time. A comparative analysis of early developmental stages of blue and king crab was performed. The survival of artificially produced crab juveniles under natural conditions for more than two months was studied.

Key words: the Sea of Japan, king crab, blue crab, artificial reproduction, survival of juveniles under environmental conditions