

Развитие, рост и выживаемость искусственно выращенной молодежи камчатского краба (*Decapoda, Lithodidae*) в природе

Д-р биол. наук **Н.П. Ковачева**, канд. биол. наук **Р.Р. Борисов**, **Д.С. Печёнкин**, **И.Н. Никонова**, канд. с.-х. наук **Д.В. Тырин** – Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»); канд. биол. наук **Е.С. Чертопруд** – Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»); Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук (ИПЭЭ РАН)

@ kovatcheva@vniro.ru; borisovrr@mail.ru; pechenkinds@gmail.com; ranico@yandex.ru; tyrin1983@gmail.com; horsax@yandex.ru

Ключевые слова: камчатский краб, молодь, искусственное воспроизводство, рост и выживаемость в природе



В работе оценены выживаемость и рост искусственно полученной молодежи камчатского краба в полу-вольных условиях в природе в течение первых лет жизни. Выживаемость особей на временном интервале пять месяцев в 2015-2016 гг. варьировала в диапазоне 40-69% от общей численности. Линейные размеры карапакса крабов за полтора года увеличились более чем в семь раз (с 2 мм до 15 мм). Выявлено, что среди крупных беспозвоночных наиболее опасными хищниками для молодежи вида являются пятиугольный краб и креветки *Pandalus*. Кроме того, отмечена значительная смертность крабов в связи с внутривидовой агрессией, возрастающей при высокой плотности посадки особей в садки. Фауна перифитона, населяющая талломы водорослей, используемых в качестве субстрата в садках, не оказывает отрицательного влияния на молодь. Высокая выживаемость молодежи камчатского краба в природных условиях свидетельствует об эффективности искусственного воспроизводства вида.

| Постановка проблемы |

Аквакультура промысловых ракообразных – одна из активно развивающихся отраслей сельского хозяйства в мировой экономике. В настоящее время актуальным для отрасли является не только полноцикловое выращивание гидробионтов, но и получение жизнеспособных ювенильных особей для выпуска в естественную среду с целью поддержания и восстановления природных популяций видов [9; 10; 11; 14; 15]. Примером таких работ может служить технология получения молодежи камчатского краба *Paralithodes camtschaticus*, разработанная специалистами ФГБНУ «ВНИРО» [3; 4; 5; 12]. В период с 2009 по 2015 гг. многократно выполнен цикл работ по искусственному воспроизводству вида с последующим выпуском ювенильных особей в естественную среду на акваториях Баренцева и Японского морей [6; 7; 8].

Выживаемость искусственно полученной молодежи камчатского и синего крабов в естественной среде оценена в единичных работах [8; 14; 17]. Опубликованные ранее данные охватывали только первый месяц жизни молодежи в природе [8]. В связи с этим, до настоящего



Рисунок 1. Бассейновый комплекс по искусственному выращиванию молодежи камчатского краба (ООО «Бионт-К»)

времени не выполнена оценка промыслового возврата краба, выпущенного в природную среду.

Промысловый возврат камчатского краба рассчитать значительно сложнее, чем для многих видов рыб, молодь которых выращивается в аквакультуре. Это связано с тем, что промысловых размеров крабы достигают в возрасте



Рисунок 2. Группы экспериментальных садков

около 8-10 лет. В таком длительном временном диапазоне затруднительно определить смертность гидробионтов в природе. Оценка выживаемости камчатского краба с ранних стадий до момента достижения половой зрелости в основном носит эмпирический характер и базируется на исследованиях возрастной структуры популяций. Например, по данным американских исследователей, выживаемость искусственно полученной молодежи камчатского краба после выпуска в природную среду до 7-летнего возраста составляет 2,3% [15]. Однако данные результаты получены на основе математического моделирования и носят предварительный характер.

Для аквакультуры ракообразных, с целью получения жизнеспособных ювенильных особей для выпуска в естественную среду, остается не решенным ряд основополагающих вопросов. Как растёт искусственно полученная молодежь краба в природной среде в период обитания в прибрежной зоне (первые 1-2 года)? Как зависит выживаемость молодежи после выпуска от её физиологического состояния? Как влияет на выживаемость ювенильных особей внутривидовая конкуренция? Какие хищники представляют наибольшую опасность для молодежи краба?

В настоящей работе предпринята попытка оценить выживаемость и рост искусственно полученной молодежи камчатского краба в морских акваториях в полувольных условиях в течение

пяти месяцев. Предпринята попытка выявить основные причины смертности молодежи краба в природной среде.

| Методика |

Оценка роста и выживаемости молодежи.

Исследования выполнены на базе бассейнового комплекса и рыбохозяйственных участков ООО «Бионт-К» в бухте Северная Славянского залива Японского моря в 2015-2016 годах. Культивирование камчатского краба на ранних стадиях развития (зоа I-IV и глаукотоэ) проходило в контролируемых условиях бассейнового комплекса (рис. 1).

Молодь помещали в садки, установленные в заливе. Садки представляли собой деревянный каркас, обтянутый пластиковой сеткой с ячейкой 1,5 мм, объемом 30 л (рис. 2). В качестве субстрата использовали красную водоросль анфельцию *Ahnfeltia* sp.. Плотность посадки составляла 50 особей на садок. Заполненные садки с помощью жесткой рамы соединяли в группы по три (рис. 3, 4).

Для определения выживаемости и прироста ширины карапакса молодежи камчатского краба на 10 и 30 сутки были подняты по три садка. Всех, обнаруженных в садках, особей фиксировали 4% раствором формальдегида, после чего измеряли ширину карапакса, определяли массу и фиксировали повреждения. В 2015 г. через 139 суток было поднято два садка, а в 2016 г. через 131 сутки – 3 садка. Поскольку молодежь



Рисунок 3. Установка экспериментальных садков на акватории Славянского залива в 2016 г.

имела достаточно крупные размеры, она была просчитана и измерена в живом виде. Все обнаруженные особи были сфотографированы. После этого крабы были рассажены в садки по 5 и 10 особей на садок и возвращены в природную среду. В дальнейшем подъём садков (с молодью 2015 г.), осмотр и измерение крабов проводили на 330 и 500 сутки.

Влияние хищников на молодь камчатского краба. Из места планируемого выпуска молоди камчатского краба на акватории бухты Северная были отобраны потенциальные хищники, наиболее массовые представители макробентоса – десятиногие ракообразные: краб овальный (*Cancer amphioetus*); краб кистеносный (*Hemigrapsus penicillatus*); креветка хватаящая (*Pandalus prensor*); краб пятиугольный (*Telmessus cheiragonus*); рак-отшельник (*Pagurus brachiomastus*) (рис. 5). Все эти виды обитают в зарослях анфельции, используемой как субстрат для выпуска в естественную среду молоди краба, выращенной в искусственных условиях. По 10 экземпляров молоди первой стадии камчатского краба на 5 суток помещали в ёмкость (объём 1 л, площадь дна 0,01 м²) вместе с потенциальным хищником. В качестве субстрата использовали анфельцию, камни и песок. Кормили крабов один раз в сутки науплиями артемии. По окончании эксперимента определяли численность выжившей молоди камчатского краба, в случае обнаружения погибших особей – причины их гибели. Каждый

вариант эксперимента выполнен в трёх повторностях.

Влияние фауны перифитона на молодь краба. Для определения возможного влияния мелкой фауны перифитона, обитающей в зарослях анфельции, в акватории залива было установлено три садка, в которых анфельцию, используемую в качестве субстрата, не промывали. В каждый садок поместили по 50 особей молоди первой стадии камчатского краба. Через десять суток подсчитали количество выживших особей.

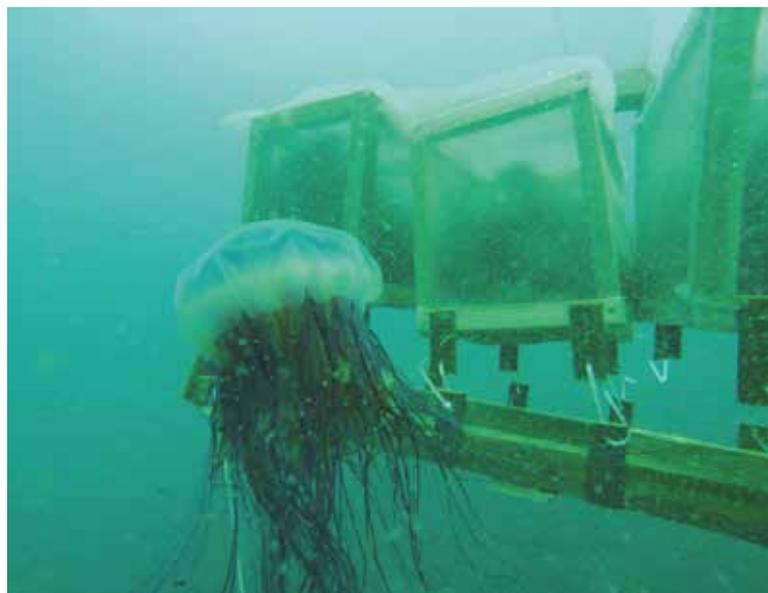


Рисунок 4. Установленные в толще воды садки

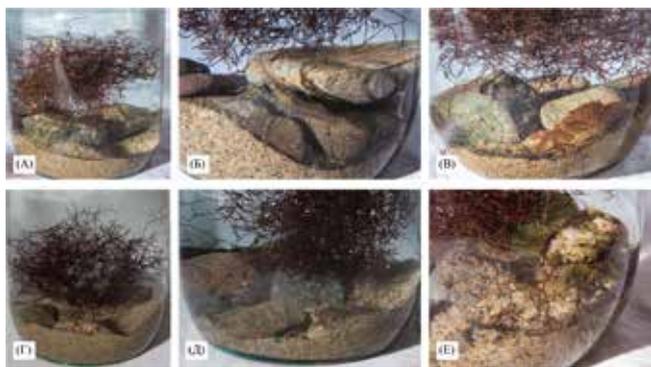


Рисунок 5. Экспериментальные ёмкости и потенциальные хищники для молоди камчатского краба: А – контроль; Б – креветка хватающая (*Pandalus prensor*); В – краб пятиугольный (*Telmessus cheiragonus*); Г – краб овальный (*Cancer amphioetus*); Д – краб кистеносный (*Hemigrapsus penicillatus*); Е – рак-отшельник (*Pagurus brachiomastus*)

| **Результаты** |

Выживаемость молоди на десятые сутки после выпуска в садки в 2015 г. составила 78%, а в 2016 г. – 91% от общего числа посаженных особей (рис. 6). Это могло быть связано с тем, что молодь, полученная в 2016 г., отличалась более высокой жизнестойкостью. В 2015 г. молодь имела высокий процент особей (21%) с деформированными шипами карапакса и рострума. Такие изменения в морфологии являются следствием проблем, возникших при линьке, и свидетельствуют о снижении жизнеспособности молоди. В 2016 г. у особей отклонений в морфологии не наблюдалось. Таким образом, можно сделать вывод, что при выпуске молоди в естественную среду процент погибших особей зависит от их физиологического состояния. Наиболее важным и уязвимым периодом в жизни ракообразных является линька. В 2015 г. доля погибших после первой линьки (30 суток) особей составила в среднем 20%, в 2016 г. – не превышала 5%. При этом повреждений особей, которые можно было бы интерпретировать как результат каннибализма, в обоих случаях зафиксировано не было.

Выживаемость молоди через 4-5 месяцев от начала эксперимента также была выше в 2016 г., чем в 2015 г. и составила 58 и 40%, соответственно. Основной причиной гибели был каннибализм, вызванный, вероятно, высокой плотностью посадки в сочетании с частыми линьками. Наличие каннибализма доказывают, обнаруженные в садках, погибшие, недавно перелинявшие, особи с характерными для каннибализма повреждениями, и значительное количество особей с утраченными или регенерирующими конечностями. Для снижения каннибализма

в первый год жизни плотность посадки молоди при выпуске в естественную среду должна составлять не более 100-200 особей на м².

Рост молоди в садках в естественной среде на протяжении 500 суток показан на рис. 7. Ширина карапакса за исследованный период увеличилась в 7-8 раз (рис. 8). В 2016 г. отмечены существенные различия в ширине карапакса через 131 сутки после выпуска: от 2,55 до 10,68 мм. Причиной различий в росте, скорее всего, является конкуренция за пищевые ресурсы.

За первый год наблюдений крабы, содержащиеся в садках, перелиняли 6-7 раз. Минимальный средний прирост по ширине карапакса был зафиксирован при переходе с первой на вторую стадию – 25% от исходной ширины карапакса. Следующие три линьки прирост по ширине карапакса составлял 45%, а, в дальнейшем, величина прироста снизилась до 31-33% от исходной ширины карапакса.

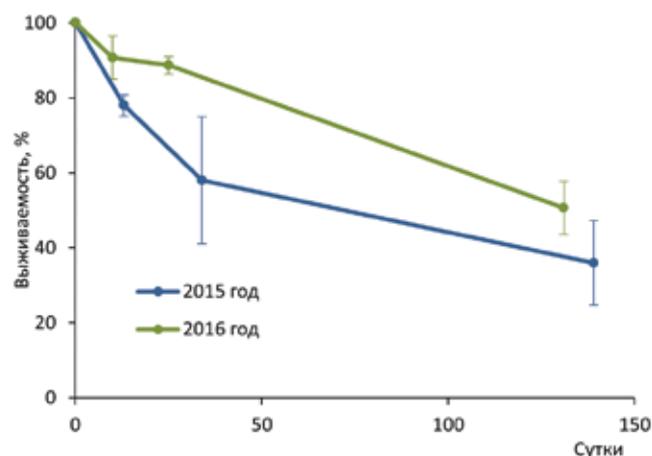


Рисунок 6. Выживаемость молоди камчатского краба, полученной в искусственных условиях, в садках в природной среде в 2015 и 2016 гг.

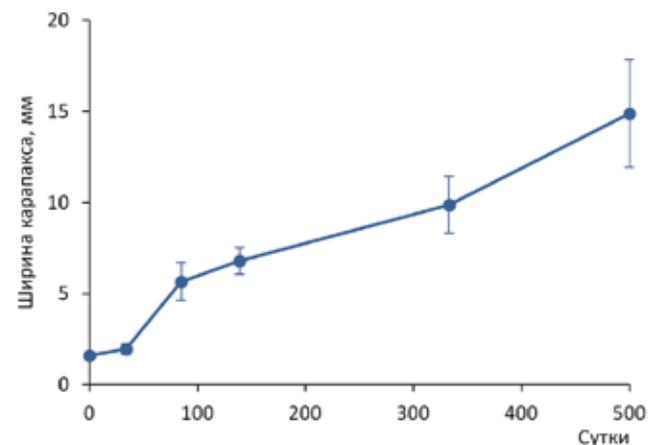


Рисунок 7. Рост молоди камчатского краба в садках, размещённых в природной среде, в период с весны 2015 по осень 2016 гг.

Пресс хищников на молодь камчатского краба. В ходе экспериментов показано, что наибольшую опасность из исследованных видов для молоди представляет пятиугольный краб. Во всех трёх повторностях с этим видом за пять суток эксперимента были съедены все особи молоди камчатского краба (рис. 9). При этом в контроле выживаемость краба составляла 100%. Все остальные виды оказывали заметно менее выраженное влияние на выживаемость молоди. Значительная доля съеденных особей отмечена в эксперименте с креветкой *Pandalus prensor* (рис. 9). При этом доля съеденных особей существенно варьировала между повторностями эксперимента. Можно предположить, что хищническая активность креветки зависела от её размера или физиологического состояния в период эксперимента. В остальных вариантах смертность особей не превышала 20%.

Необходимо учесть, что данный эксперимент проводился в небольшом замкнутом объёме и животные не получали достаточного кормления. В естественных условиях, где молодь краба имеет возможность использовать большой диапазон укрытий, а встреча с хищником менее вероятна, из рассмотренных видов основную угрозу представляют только пятиугольный краб и, в меньшей степени, – крупные особи креветок. Необходимо отметить, что молодь краба также активно поедается бентосоядными рыбами, например треской [2], и тихоокеанским белокорым палтусом [13; 16]. По-видимому, именно эти виды рыб представляют основную опасность для молоди камчатского краба.

Влияние перифитона на молодь краба. Эксперимент показал, что мелкая бентосная фауна, обитающая на талломах анфельции, не оказывает отрицательного влияния на молодь камчатского краба. За десять суток выживаемость особей в садках с водорослями, лишёнными эпифауны, и садках с непромытыми водорослями практически не отличалась и составила 91 и 93% соответственно.

| Заключение |

На основании собственных и литературных данных [1; 15] проведена предварительная оценка выживаемости крабов после выпуска



Рисунок 8. Молодь камчатского краба первой стадии перед размещением в садках и через 500 суток

в естественную среду до достижения промысловых размеров (табл. 1).

После проведения ряда дополнительных экспериментальных исследований, эти материалы могут быть использованы при определении ориентировочных объёмов промыслового возврата камчатского краба.

Выполненные сотрудниками ФГБНУ «ВНИРО» эксперименты по выпуску молоди камчатского краба в природную среду являются проверкой биотехники, предшествующей её внедрению в производственном масштабе. Исследования подтверждают, что искусственное воспроизводство камчатского краба явля-

Таблица 1. Ориентировочная выживаемость искусственно выращенной молоди камчатского краба в естественной среде до достижения промысловых размеров

Показатели	Год после выпуска в естественную среду								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Число линек за год	6	4	3	2	1	1	1	0-1	0-1
Выживаемость крабов после выпуска, %	37,7	19,7	12,1	8,7	7,4	6,4	5,4	4,6	3,9

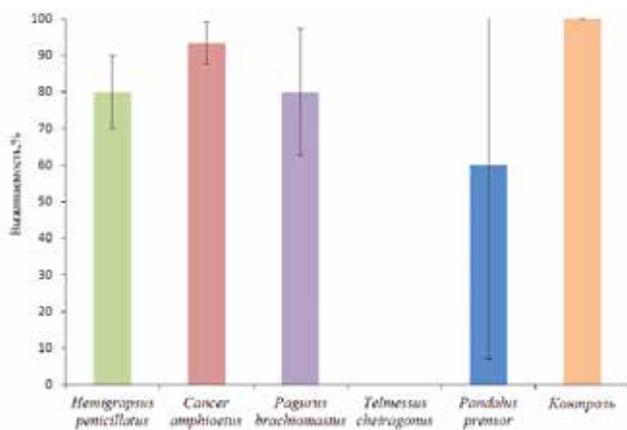


Рисунок 9. Выживаемость молоди камчатского краба в экспериментах с потенциальными хищниками

ется перспективным методом восстановления и поддержания природных популяций вида.

Авторы выражают искреннюю признательность ООО «Бионт-К» за предоставленную возможность использования материально-технической базы бассейнового комплекса, всему коллективу ООО «Бионт-К» за помощь в выполнении работ и особую благодарность генеральному директору С.Е. Лузгину за оказанную всестороннюю поддержку и ценные идеи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баканев С.В. Динамика популяции камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в Баренцевом море (опыт моделирования): Дисс. на соиск. уч. степ. док. биол. наук. Мурманск, 2009. 155 с.
2. Виноградов Л.Г., Родин В.Е. Состояние запасов камчатского краба в восточной части Берингова моря по результатам советских исследований в 1967 г. // Основы биологической продуктивности океана и ее использование. М.: Наука, 1971. С. 207-217.
3. 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 онто-

генеза. Бионормативы и рекомендации по искусственному воспроизводству. М.: ВНИРО, 2005. 76 с.

4. 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.

5. Ковачева Н.П. Аквакультура ракообразных отряда Decapoda: камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* и гигантская пресноводная креветка *Macrobrachium rosenbergii*. М.: ВНИРО, 2008. 239 с.

6. 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.

7. 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.

8. Ковачева Н.П., Борисов Р.Р., Печенкин Д.С., Никонова И.Н., Чертопруд Е.С., Лузгин С.Е. Ранний онтогенез синего и камчатского крабов в искусственных и естественных условиях // Рыбное хозяйство. 2015а. № 5. С. 68-75.

9. Ковачева Н.П., Тырин Д.В., Чертопруд Е.С. Искусственное воспроизводство как метод компенсации экологического ущерба популяции камчатского краба от разработки шельфа Баренцева моря // Рыбное хозяйство. 2015б. № 3. С. 45-49.

10. 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.

11. Daly B., Swingle J.S. High-density nursery culture of recently-settled blue king crabs (*Paralithodes platypus*): Comparisons to red king crabs (*Paralithodes camtschaticus*) // Aquacul. 2013. V. 416-417. P. 196-200.

12. 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 camtschaticus* (Tilesius, 1815): biology and culture. Moscow: VNIRO Publishing, 2006. 116 p.

13. Lyons C., Eckert G., Stoner A.W. Influence of temperature and congener presence on habitat preference and fish predation in blue (*Paralithodes platypus* Brandt, 1850) and red (*P. camtschaticus* Tilesius, 1815) king crabs (Anomura: Lithodidae) // J. Crust. Biol. 2016. V. 36. Iss. 1. P. 12-22.

14. 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.

15. Stevens B.G. King Crabs of the World: Biology and Fisheries Management. London: CRC Press, 2014.-636 p.

16. Stoner A.W. Habitat-mediated survival of newly settled red king crab in the presence of a predatory fish: Role of habitat complexity and heterogeneity // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 2009. V. 382. P. 54-60.

17. 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.



DEVELOPMENT, GROWTH AND SURVIVAL OF ARTIFICIALLY GROWN RED KING CRAB JUVENILES IN THE NATURE

Kovacheva N.P., Doctor of Sciences, **Borisov R.R.**, PhD, **Pechenkin D.S.**, **Nikonova I.N.**, **Tyirin D.V.**, PhD – Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, kovacheva@vniro.ru; borisovrr@mail.ru; pechenkind@gmail.com; ranico@yandex.ru; tyirin1983@gmail.com; horsax@yandex.ru, **Chertoprud E.S.**, PhD – Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, Severtsev Institute of Ecology and Evolution

The survival and growth of artificially cultivated Red King crab juveniles in semi-free conditions in nature during the first years of life is considered. Survival in first five months in 2015-2016 was 40-69% of the total number. Linear dimensions of crab carapace increased from 2 mm to 15 mm in a year and a half. The most dangerous predators for juveniles are helmet crab and shrimps (*Pandalus*). In addition, there was a significant mortality of crabs due to intraspecific aggression, which increases when density of planting individuals in cages is high. Periphyton, inhabiting the thalli of algae used as a substrate in fishponds, does not adversely affect on juveniles. The high survival rate of red king crab juveniles under natural conditions demonstrates the effectiveness of artificial reproduction of the species.

Keywords: red king crab, juveniles, artificial reproduction, growth and survival in nature