

УДК 574.622 УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ

**НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СОДЕРЖАНИЯ
КОЛЮЧЕГО КРАБА *PARALITHODES
BREVIPES* В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО
ВОДОИСПОЛЬЗОВАНИЯ (УЗВ)****Т. А. Кокорина (kokorinata@sakhniro.vniro.ru),
Д. А. Галанин****Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»)****Сахалинский филиал («СахНИРО»)
Россия, г. Южно-Сахалинск, 693023, ул. Комсомольская, 196**

Кокорина Т. А., Галанин Д. А. Некоторые результаты содержания колючего краба *Paralithodes brevipes* в установках замкнутого водоиспользования (УЗВ) // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Труды «СахНИРО». – Южно-Сахалинск : «СахНИРО», 2023. – Т. 19, ч. I. – С. 295–302.

В эксперименте с использованием установок замкнутого водоснабжения (УЗВ) удалось установить, что содержание колючего краба *Paralithodes brevipes* эффективно при температуре воды 1 и 3°C и менее эффективно при температуре 6 и 9°C, с нормативной плотностью посадки 6–7 кг половозрелых особей на 1 000 л. Интенсивность питания половозрелых особей кальмаров в сутки в среднем составляла 5,1 г корма на 1 кг животных. Размеры и масса колючего краба в ходе эксперимента изменялись, но в итоге достоверных различий не установлено. Интенсивность питания колючего краба, содержавшегося при температуре 1 и 3°C, была ниже, чем при температуре 6 и 9°C, а количество съедаемого корма было 4 и 6 г/кг массы в сутки соответственно.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: колючий краб, пищевая активность, аквакультура, содержание гидробионтов в условиях УЗВ.

Табл. – 5, ил. – 1, библиогр. – 14.

Kokorina T. A., Galanin D. A. Some results of keeping hanasaki crab *Paralithodes brevipes* in recirculating water systems (RAS) // Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas : Transactions of the “SakhNIRO”. – Yuzhno-Sakhalinsk : “SakhNIRO”, 2023. – Vol. 19, part i. – P. 295–302.

In an experiment using closed water supply (RAS) installations, it was possible to establish that keeping the spiny crab *Paralithodes brevipes* is effective at water temperatures of 1 and 3°C and less effective at temperatures of 6 and 9°C, with a standard stocking density of 6–7 kg of mature individuals per 1 000 l. The feeding intensity of sexually mature individuals on squid per day averaged 5.1 g of food per 1 kg of animals. The size and weight of the spiny crab changed during the experiment, but in the end no significant differences were established. The feeding intensity of the spiny crab kept at temperatures of 1 and 3°C was lower than at temperatures of 6 and 9°C, and the amount of food eaten was 4 and 6 g/kg body weight per day, respectively.

KEYWORDS: aquaculture, maintenance of hydrobionts under RAS conditions, hanasaki crab (*gani*), nutrition intensity.

Tabl. – 5, fig. – 1, ref. – 14.

ВВЕДЕНИЕ

Колючий краб *Paralithodes brevipes* из всех видов крабов, имеющих промышленное значение, обитает на небольших глубинах. Диапазон глубин обитания этого вида обычно колеблется от 1 до 50 м (Слизкин, Сафронов, 2000; Абаев и др., 2010; Галанин и др., 2010). В прибрежной зоне Сахалино-Курильского региона колючий краб распространен очень широко. Промысел краба в заливах Анива и Терпения был начат японскими рыбаками еще в 1905 г. (Пьянов, 2010). В настоящее время промышленный лов колючего краба наиболее интенсивно ведется у северо-восточного побережья о. Сахалин (Михеев и др., 2010). Сроки лова разбиты на два этапа: весенне-летний и осенне-зимний.

Начало весны в этом районе во многом зависит от интенсивности таяния льдов. Обломочные льды могут держаться до начала июня (Шамраев, Шишкина, 1980; Пищальник, Бобков, 2000; Шевченко и др., 2018). После схода льда первые значимые уловы появляются во второй декаде июня, когда температура воды у дна достигает 3°C. В ходе промысла было отмечено, что в одном и том же районе при одних и тех же гидрологических условиях колючий краб проявляет разную трофическую активность. Использование различной приманки в ловушках незначительно влияло на уловистость. Предполагаем, что одним из факторов, влияющих на уловы, является сезонное изменение температуры воды в придонном слое.

С целью оптимизации промысла важно изучить, при каких температурах колючий краб проявляет наибольшую пищевую активность, что позволит рационально использовать «промысловое время» в период наивысшей активности крабов. Кроме того, поиск способов содержания промысловых крабоидов в искусственно созданных условиях важен для получения посадочного материала – например, в целях искусственного воспроизводства (Ковачева, 2000, 2002). Выполнение работы по изучению трофической активности и ее закономерностей имеет важное значение как для организации промысла, так и для развития аквакультуры.

Цель настоящей работы – изучить зависимость пищевой активности колючего краба от температуры воды в условиях эксперимента с использованием установки замкнутого водоиспользования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ

Научно-исследовательские работы выполняли в акватронах – установках замкнутого водоиспользования на базе аквариальной Сахалинского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»). Одна УЗВ представляет собой прямоугольный бассейн из пластика, армированного стекловолокном со встроенным биофильтром (объем 1 м³). В виде наполнителя биофильтра использовалась коралловая крошка. Максимальная проточность воды в установках составляла 0,001 м³/мин. Очистка воды от механических примесей проводилась путем фильтрации. Обеззараживание воды в УЗВ осуществляли циркуляцией через

ультрафиолетовый стерилизатор (Sanitron SS901 TN(BS245-1)). Концентрация биогенов, pH и соленость регулировались работой биологического фильтра, а также регулярной подменой воды в УЗВ (Ковачева, 2000, 2002, 2003).

Для проведения экспериментальных работ использовали половозрелых самцов колючего краба, взятых из промысловых уловов у восточного побережья о. Сахалин в первой декаде февраля (Проведение научно-исследовательских..., 2020). В районе обитания крабов температура воды составляла от 1,6 до 1,8°C, соленость колебалась в пределах 31–33,5‰. При отборе колючего краба проводили внешний осмотр особей. Ширина карапакса была не менее 100 мм, что соответствует минимальному размеру особей, разрешенных к промыслу (Низяев и др., 2006). Карапакс и конечности крабов были без внешних повреждений, следов паразитических или бактериологических заболеваний.

Общая схема эксперимента по изучению пищевой активности колючего краба в искусственных условиях состояла из следующих этапов:

- водоподготовка;
- отбор и адаптация объектов наблюдения;
- содержание колючего краба в УЗВ с заданными показателями воды;
- мониторинг пищевой активности, а также линейных и весовых показателей колючего краба;
- анализ результатов и подготовка заключения по результатам эксперимента.

Биотические и абиотические показатели, измерявшиеся в ходе эксперимента, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Общая схема эксперимента по оценке пищевой активности колючего краба при разной температуре содержания в условиях УЗВ

Table 1

General scheme of an experiment to assess the nutritional activity of spiny crab at different temperatures under RAS conditions

Номер УЗВ/Т, °С	Норма посадки, экз./м ³	Периодичность кормления	Исследуемый параметр	Периодичность отбора проб
Продолжительность эксперимента – 100 дней				
1/3 2/6 3/9 4/1	5 шт./м ³	Раз в три дня (по мере съедания корма)	Размеры, мм	Раз в неделю
			Масса тела, г	
			Отход, экз.	
			Масса съеденного корма, г	По мере внесения
			pH, ед.	Раз в 10 дней
			O ₂ , мг/дм ³ – процент насыщения	
			S, ‰	
			T, °С	
			N–NO ₃ , мкг/дм ³	Раз в 10 дней
			N–NO ₂ , мкг/дм ³	
			N–NH ₄ , мкг/дм ³	
			P–PO ₄ , мкг/дм ³	

После адаптации к искусственно созданным в УЗВ условиям в течение 10 дней были проведены измерения линейно-весовых параметров каждой особи и присвоен индивидуальный номер. Длина и ширина карапакса измерены с точностью до 1 мм, масса – до 1 г. Выборка (20 экз.) колючего краба была представлена самцами с длиной карапакса от 111 до 135 мм, при среднем значении $123,15 \pm 1,39$ мм, с шириной карапакса от 130 до 161 мм, при среднем значении $143,20 \pm 1,84$ мм. Средняя масса равнялась $1937 \pm 66,97$ г, при варьировании от 1 467 до 2 489 г. В дальнейшем колючий краб был распределен в четырех УЗВ (по 5 экз.). Линейные и весовые показатели животных представлены в **таблице 2**.

Таблица 2
Линейные и весовые показатели колючего краба, помещенного в УЗВ

Linear and weight indicators of spiny crab placed in a RAS

Table 2

Номер УЗВ (номинал)	T, °C	Длина карапакса, мм*	Ширина карапакса, мм*	Масса, г*
1	1	$\frac{111-128}{118,6 \pm 2,6}$	$\frac{129-147}{138 \pm 3,1}$	$\frac{1\ 477-2\ 143}{1\ 704,8 \pm 116,2}$
2	3	$\frac{114-126}{121 \pm 2,3}$	$\frac{131-139}{135,8 \pm 1,6}$	$\frac{1\ 628-2\ 078}{1\ 855 \pm 61,9}$
3	6	$\frac{123-135}{128 \pm 2,5}$	$\frac{139-157}{149 \pm 3,4}$	$\frac{1\ 777-2\ 537}{2\ 269 \pm 146,4}$
4	9	$\frac{119-128}{123,6 \pm 1,5}$	$\frac{141-148}{143,4 \pm 1,2}$	$\frac{1\ 853-2\ 176}{1\ 983 \pm 64,1}$

* Числитель – пределы колебаний, знаменатель – среднее значение \pm стандартная ошибка.

Пищевая активность колючего краба определялась по разнице заданного и съеденного корма. Для выполнения работ был выбран оптимальный вид корма – кальмар (потрошенный). Считается, что колючий краб проявляет больший интерес к этому виду, чем к другим. Рацион и частота кормления подобраны на предварительном этапе – адаптации крабов к искусственно созданным условиям. Экспериментальным путем выявлено, что оптимальный объем разовой порции при кормлении составляет 150–200 г, а частота кормления – один раз в три дня (Пономарев и др., 2002). В конце третьих суток остатки корма извлекали и взвешивали, а на следующий день в УЗВ вносилась новая порция корма.

Полученные результаты подвергались статистической обработке в программе Excel for Windows.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе четырех экспериментов по содержанию самцов колючего краба при разных температурных условиях (1, 3, 6 и 9°C) достоверных различий средней массы тела в начале и в конце работ не обнаружено (**табл. 3**). Наибольшая изменчивость массы отмечена у особей, содержавшихся при температуре воды 1 и 6°C.

Таблица 3

Размерно-массовые показатели колючего краба в конце эксперимента

Table 3

Size and mass parameters of the spiny crab at the end of the experiment

Номер УЗВ	T, °C	N, экз.	Длина карапакса, мм*	Ширина карапакса, мм*	Масса 1, г*	Масса 2, г*	Достоверные изменения массы, г
1	1	5	$\frac{111-128}{118,6\pm 2,8}$	$\frac{130-150}{138,6\pm 3,4}$	$\frac{1\ 477-2\ 143}{1\ 704,8\pm 116,2}$	$\frac{1\ 448-2\ 113}{1\ 689,4\pm 113,5}$	Нет
2	3	5	$\frac{114-127}{121\pm 2,3}$	$\frac{131-144}{138\pm 2,5}$	$\frac{1\ 628-2\ 078}{1\ 855\pm 61,9}$	$\frac{1\ 521-2\ 076}{1\ 835,5\pm 78}$	Нет
3	6	5	$\frac{123-125}{124\pm 1}$	$\frac{138-149}{143,5\pm 5,5}$	$\frac{1\ 777-2\ 537}{2\ 269\pm 146,4}$	$\frac{1\ 725-2\ 085}{1\ 905\pm 180}$	Нет
4	9	5	$\frac{122-130}{126\pm 1,5}$	$\frac{139-153}{145,6\pm 2,4}$	$\frac{1\ 853-2\ 176}{1\ 983\pm 64,1}$	$\frac{1\ 812-2\ 149}{1\ 932,6\pm 59,4}$	Нет

* Числитель – пределы колебаний, знаменатель – среднее значение ± стандартная ошибка.
Примечание: масса 1 и масса 2 – масса колючего краба до и после эксперимента.

Количество потребленного корма на 1 кг массы тела колючего краба в течение всех экспериментов в среднем равнялось $5,1\pm 0,35$ г/кг. Наибольшее среднее потребление корма наблюдалось при температуре воды 6 и 9°C (6,4 и 5,5 г/кг соответственно), а наименьшее при 1°C (3,5 г/кг). В начале экспериментов при всех температурных условиях количество съедаемой пищи было примерно одинаковым и изменялось от 1,4 до 1,8 г/кг (среднее 1,51 г/кг). Однако в конце экспериментов кормопотребление выросло в разы и в последние дни составляло 4,0 г/кг при 1°C, 5,5 г/кг при 3°C, 11,0 г/кг при 6°C и 8,8 г/кг при 9°C.

Показатели кормопотребления колючего краба, осредненные для каждого эксперимента, достоверно отличаются друг от друга при 90%-ном уровне значимости, за исключением акватронов 3 и 4 ($T_{\text{воды}}$ – 6 и 9°C соответственно) (табл. 4). Значительные колебания пищевой активности выявлены в ходе проведения всех четырех экспериментов, однако если при температуре воды 1 и 3°C изменчивость определяется как высокая (менее 60%), то при температуре воды 6 и 9°C – как аномальная (больше 100%).

Таблица 4

Суточное потребление корма колючим крабом при разной температуре воды в условиях УЗВ по итогам всего периода

Table 4

Daily food consumption by spiny crab at different water temperatures under RAS conditions based on the results of the entire period

Номер акватрона/Температура, °C	1/1	2/3	3/6	4/9
Среднее ± ошибка средней, г/кг	$\frac{3,5\pm 0,23}{1,24-6,38}$	$\frac{4,4\pm 0,26}{1,36-6,32}$	$\frac{6,4\pm 0,55}{1,53-11,4}$	$\frac{5,5\pm 0,57}{1,22-9,9}$
Доверительный интервал при 95%-ном уровне значимости	0,47	0,54	1,13	1,17
Коэффициент вариации, %	44,8	46,2	139,72	173,8
Дисперсия	1,55	2,01	8,87	9,53
Ошибка дисперсии	0,20	0,26	1,17	1,25
Количество измерений	29	29	29	29

Анализ динамики кормопотребления колючего краба позволяет выделить период примерно в месяц, когда пищевая активность перестала расти стремительно и несколько стабилизировалась (рис.).

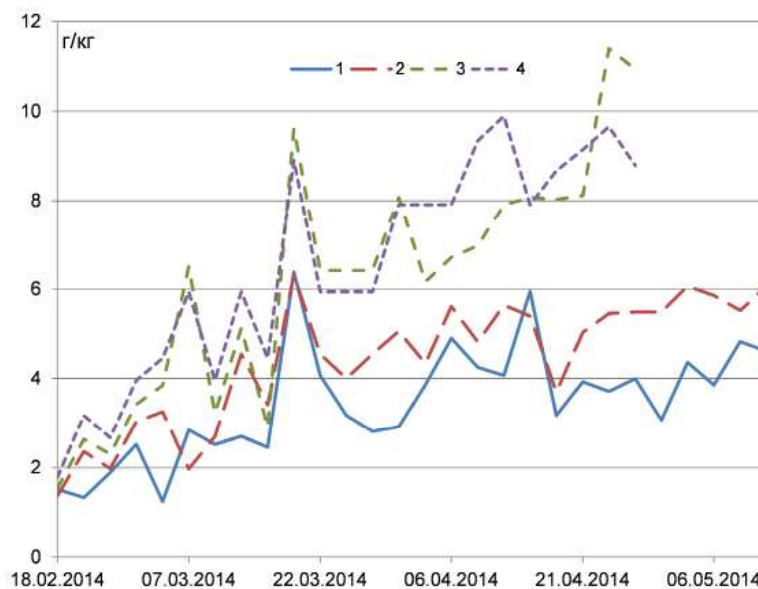


Рис. Динамика интенсивности питания колючего краба при разных температурных условиях эксперимента (в УЗВ). Обозначения: 1, 2, 3, 4 – акватроны с температурой воды 1, 3, 6 и 9°C соответственно.

Fig. Dynamics of feeding intensity of spiny crab under different temperature conditions of the experiment (in RAS). Designations: 1, 2, 3, 4 – aquatrons with water temperatures of 1, 3, 6, and 9°C respectively

В период с 19 марта по 30 апреля суточное потребление корма стабилизировалось в акватронах 1 и 2 до уровня, когда коэффициент вариации стал менее 30 и 10% соответственно (средний и низкий). В акватронах 3 и 4 коэффициент вариации перестал быть аномальным, но остался высоким (менее 60%) (табл. 5).

Таблица 5

Суточное потребление корма колючим крабом при разной температуре воды в условиях УЗВ в течение последних 40 дней экспериментов

Table 5

Daily food consumption by spiny crab at different water temperatures under RAS conditions during the last 40 days of experiments

Номер акватрона/Температура, °C	1/1	2/3	3/6	4/9
Среднее±ошибка средней, г/кг	$\frac{4,02\pm 0,27}{2,81-6,38}$	$\frac{5,03\pm 0,18}{3,7-6,32}$	$\frac{8,0\pm 0,42}{6,2-11,4}$	$\frac{7,8\pm 0,48}{3,1-9,9}$
Доверительный интервал при 95%-ном уровне значимости	0,57	0,39	0,9	1,03
Коэффициент вариации, %	27,1	9,8	33,2	44,0
Дисперсия	1,55	2,01	8,87	9,53
Ошибка дисперсии	1,1	0,5	2,7	3,4
Количество измерений	15	15	15	15

Считаем, что в акватронах наступила окончательная адаптация подопытных животных к искусственно созданным условиям в УЗВ и стало возможным определить оптимум по температуре. При температуре воды 1 и 3°C проявление другой активности или физиологических процессов, кроме питания и перемещения, отмечено не было. При температуре 6 и 9°C в конце эксперимента колючий краб приступил к линьке.

На основании полученных данных можно предположить, что колючий краб проявляет наибольшую пищевую активность при температуре воды 6 и 9°C, а наименьшую – при 1 и 3°C. Однако наиболее стабильный режим питания мы могли наблюдать при 3-градусной температуре воды.

Для рационального ведения промысла колючего краба важно знать сроки протекания тех или иных биологических процессов, влияющих на коммерческие свойства продукции. С другой стороны, важно понимать, от чего может зависеть его пищевая активность, так как это позволит оптимизировать сроки промысла. Изучение пищевой активности показало, что при низких температурах она понижена, а при высоких температурах повышена, но нестабильная. И то, и другое не будет способствовать формированию устойчивых уловов. А значит, оптимум находится где-то посередине.

Температурные условия, соответствующие 1°C и ниже, условно можно отнести к тем, которые складываются в местах обитания колючего краба весной, а 6 и 9°C – ко второй половине лета и началу осени. Зимой в местах обитания колючего краба температура воды обычно менее 0°C, а беспозвоночные малоактивны и почти не питаются. Считаем, что именно при температуре воды в придонном слое 3–4°C колючий краб чувствует себя максимально комфортно. Такие условия в естественной среде обитания обычно формируются в конце мая – начале июля и в конце октября – декабре (Пищальник, Бобков, 2000). Именно в это время в ходе ловушечного промысла колючего краба бывают наибольшие суточные уловы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение пищевой активности колючего краба при различных температурных условиях с использованием установки замкнутого водоиспользования в течение нескольких месяцев позволило определить, что средняя интенсивность питания равна $5,1 \pm 0,35$ г корма на 1 кг массы тела. При температуре воды 1 и 3°C интенсивность питания была небольшой, с низкой вариабельностью, а при 6 и 9°C – высокой и нестабильной. Оптимальные для жизнедеятельности температурные условия, при которых колючий краб питается стабильно, определены нами в диапазоне 3–4°C. Такие условия в естественных местах обитания у восточного побережья о. Сахалин складываются в мае–июле и октябре–декабре, именно в это время промысел колючего краба наиболее успешен.

ЛИТЕРАТУРА

Абаев А. Д., Рябченко Е. Н., Васильев А. Г. Ресурсы колючего краба и его промысловое использование в прибрежной зоне северной части Охотского моря // Тр. СахНИРО. – 2010. – Т. 11. – С. 89–99.

Галанин Д. А., Бегалов А. И., Чумаков Д. Е., Прохорова Н. Ю. Ресурсы колючего краба в районе южных Курильских островов // Тр. СахНИРО. – 2010. – Т. 11. – С. 3–25.

- Ковачева Н. П.** Воспроизводство камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) с использованием искусственной морской воды в аппаратах типа «Акватрон» // Обзорная информация. Серия «Марикультура». – М., **2000**. – Вып. 4. – С. 14–27.
- Ковачева Н. П.** Биотехнология искусственного воспроизводства камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в системе с замкнутым циклом водоснабжения : Сб. материалов науч.-практ. конф. «Прибреж. рыболовство – XXI век». – Ю-Сах. : Сах. книж. изд-во, **2002**. – С. 300–308.
- Ковачева Н. П.** Патент 2200386 Россия МПК7 А01К61/00. Способ воспроизводства ракообразных (камчатский краб). – № 2001135398/13. Заявл. 27.12.2001. Оpubл. 20.03.2003.
- Михеев А. А., Крутченко А. А., Пьянов А. И.** Запасы колючего краба (*Paralithodes brevipes*) на восточном шельфе о. Сахалин: оценка с применением метода полигонов // Тр. СахНИРО. – **2010**. – Т. 11. – С. 49–61.
- Низяев С. А., Букин С. Д., Клитин А. К. и др.** Пособие по изучению промысловых ракообразных дальневосточных морей России. – Ю-Сах. : СахНИРО, **2006**. – 114 с.
- Пищальник В. М., Бобков А. О.** Океанографический атлас шельфовой зоны острова Сахалин. – Ю-Сах. : СахГУ, **2000**. – 174 с.
- Пономарев С. В., Гамыгин Е. А., Никоноров С. И., Пономарева Е. Н.** Технология выращивания и кормления объектов аквакультуры Юга России. – Астрахань: «Новая плюс», **2002**. – 264 с.
- Проведение** научно-исследовательских работ по колючему крабу в Восточно-Сахалинской подзоне на промысловом судне РШ «Санкити-Мару № 5» (ООО «Союзозеан») в июне–июле 2020 г. : Отчет / А. В. Мусихин. – Ю-Сах. : «СахНИРО», **2020**. – 19 с. – (Науч. арх. «СахНИРО», инв. № 12969).
- Пьянов А. И.** О промысле колючего краба в Сахалино-Курильском регионе // Тр. СахНИРО. – **2010**. – Т. 11. – С. 62–76.
- Слизкин А., Сафронов С.** Промысловые крабы прикамчатских вод. – П-Камчат. : Северная Пацифика, **2000**. – 142 с.
- Шамраев Ю. И., Шишкина Л. А.** Океанология. – Л. : Гидрометеиздат, **1980**. – 382 с.
- Шевченко Г. В., Частиков В. Н., Кирилов К. В., Кусайло О. В.** Особенности гидрофизических процессов в районе мыса Свободный (юго-восточное побережье о. Сахалин) по данным инструментальных измерений // Геосистемы переходных зон. – **2018**. – Т. 2, № 2. – С. 81–91.