

УДК 639.4.043: 639.518

Стратегия кормления камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) на ранних стадиях развития в искусственных условиях

Н.П. Ковачева, Н.В. Кряхова, Р.Р. Борисов

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

Разработана стратегия кормления камчатского краба на ранних стадиях развития. Материалом для стратегии послужили результаты экспериментов по апробации различных кормов, исследованию пищевых предпочтений и определению скорости прохождения корма через желудочно-кишечный тракт, выполненные на личинках и молоди камчатского краба. Приведены рекомендации по оптимальным кормам и режимам кормления личинок и молоди камчатского краба.

Ключевые слова: камчатский краб, питание, культивирование ракообразных.

Неконтролируемый браконьерский промысел камчатского краба у берегов Камчатки и Дальнего Востока серьёзно подорвал численность нативной популяции, вынудив ввести жёсткие ограничения на промышленный лов данного вида. В сложившейся ситуации актуальность приобрели работы по искусственному воспроизводству краба, нацеленные на выпуск полученной молоди в естественную среду для восстановления численности популяций.

У десятиногих ракообразных наиболее уязвимыми являются ранние стадии постэмбрионального развития. Жизненный цикл краба включает следующие стадии: презоэа, четыре стадии зоэа (личинки), глаукотэа, молодь, взрослые особи. Одними из основных регулирующих факторов выживаемости ранних стадий онтогенеза являются пресс хищников, состав и доступность пищевых ресурсов. В связи

с этим при выращивании камчатского краба в искусственных условиях особое внимание следует уделять вопросам кормления личинок и молоди.

Большинство работ, касающихся питания камчатского краба, посвящены рационам взрослых особей или молоди старше одного года, а питание ранних возрастных стадий изучено гораздо слабее [Тарвердиева, 1974; Матюшкин, 2001; Ржавский, Переладов, 2003; Елецкая, Штрик, 2006; Marukawa, 1933; Feder, 1980]. В литературе имеются сведения по кормлению личинок камчатского краба различными кормами [Ковачева, 2002; Эпельбаум, 2004; Ковачева, 2008; Sato, Tanaka, 1949; Kurata, 1959; Paul et al., 1979; 1989; Nakanishi, 1987; Persselin, Daly, 2009]. Существует несколько публикаций, в которых затрагивается вопрос кормления и содержания

молоди камчатского краба в искусственных условиях [Sato, Tanaka, 1949; Зубкова, 1964]. Известно, что презоэа и глаукотоэа не питаются [Ковачева, 2002; Борисов, Ковачева, 2003; Эпельбаум, 2004; Epelbaum et al., 2006]. В то же время отсутствуют работы, обобщающие накопленный материал и рассматривающие специфику кормления камчатского краба на ранних стадиях в зависимости от особенностей их биологии.

Целью данной работы являлась разработка стратегии кормления камчатского краба на начальных стадиях развития. Важнейшими элементами стратегии являются: выбор оптимальных кормов для выращивания личинок и молоди камчатского краба в искусственных условиях и разработка оптимальных режимов и способов внесения корма.

МЕТОДИКА

Исследования проводили на зоэа (I–IV стадий) и молоди камчатского краба, полученных от самок, доставленных с Баренцева моря. Все эксперименты выполнены в аквариальной ВНИРО на искусственной морской воде, приготовленной из соли «HW-Marinemix professional» и «SERA», с солёностью 32–35 ‰. Взрослых особей камчатского краба содержали в ёмкости общим объёмом воды 1,5 м³. Для выращивания личинок и молоди использовали шесть ёмкостей (объёмом по 0,25 м³). Все ёмкости были оснащены независимыми системами биофильтрации и поддержания температуры.

1. Апробация различных типов кормов

Личинки. В ходе эксперимента изучена выживаемость личинок (зоэа II) при использовании трёх вариантов корма: науплии *Artemia* sp., комбикорма Micron и комбикорма Troco. Основные характеристики кормов приведены в таблице 1. Личинок рассаживали по 40 особей в ёмкости объёмом 0,8 л (плотность посадки 50 экз./л). Ёмкости, снабжённые аэраторами, располагали в аквариуме, который термостатировали на уровне 7–8 °С. Опыт с каждым вариантом корма выполнен в трёх повторностях. Корм вносили 1 раз в сутки. Ежедневно проводили полную замену воды, удаляли погибших особей и определяли при-

чины гибели по следующим категориям: «канибализм» — у особи повреждены или отсутствуют конечности или части тела; «неудачная линька» — у особи сохранилась часть старого экзuvia или видны другие признаки линьки; «не определены» — особь без видимых морфологических отклонений и повреждений. Общая продолжительность эксперимента составила 15 суток.

Молодь. В ходе эксперимента изучали выживаемость молоди при использовании двух вариантов корма: комбикорма для ракообразных «Wafer Mix» и натуральных кормов животного происхождения (личинки *Chironomus* sp., мясо кальмара и мидии). Основные характеристики кормов приведены в таблице 1. Молодь второй стадии рассаживали по 15 экземпляров в садки (12 x 12 x 5 см), установленные в двух аквариумах с температурой воды 7 и 13 °С. В качестве структурирующего объём субстрата в садках использовали спутанные пластиковые нити. Для каждой комбинации температуры и типа корма выполнено две повторности. Один раз в сутки осуществляли кормление, вели учёт экзувиев и погибших особей. Общая продолжительность эксперимента составила 130 суток.

2. Оценка избирательности питания личинок

В первом варианте эксперимента оценена избирательность потребления зоэа I по отношению к двум типам корма: науплии *Artemia* sp. и комбикорм «Micron». Зоэа I помещали в ёмкость с объёмом воды 0,8 л, в которой находилась смесь исследуемых кормов. Оба компонента смеси были представлены в избытке, обеспечивающем постоянный контакт личинок с кормом — 50 мг/л комбикорма и 6000 экз./л науплиев *Artemia* sp. Через 50 минут личинок извлекали из ёмкости и просматривали под бинокулярным микроскопом, выделяя среди них четыре группы: желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) заполнен только науплиями; ЖКТ заполнен только частицами корма «Micron»; в ЖКТ встречаются оба типа корма; ЖКТ пуст. Ввиду того что науплии и частицы «Micron» имели разную окраску, было возможно провести визуальное разделение личинок по перечисленным выше группам. Экс-

Таблица 1. Биохимический состав использованных кормов

Корм (производитель)	Химический состав, %				Формула
	Белок	Жиры	Углеводы	Зола	
Суточные науплии <i>Artemia</i> sp.*	41,6	23,1	22,7	6,56	—
Micron (SERA)	50,2	8,1	4,2	11,9	Мука из: спирулины, криля, креветок, гаммарусов, зелёных мидий, рыбы, пшеницы, паприки, моркови, крапивы, люцерны, шпината и другой зелени, морских водорослей, а также содержит дрожжи, казеинат кальция, яичный порошок, рыбий жир, витамины
Тросо (Coppens)	63,0	15,0	0,3	10,0	Производитель не раскрывает формулу корма
Tetra Wafer Mix (Tetra GmbH)	45,0	6,0	2,0	11,0	Рыба и её производные, экстракт растительного белка, зерновые, производные растительного происхождения, моллюски и ракообразные, дрожжи, водоросли (спирулина, максимум 1,5%), минеральные вещества, масла и жиры
Кальмар**	85,28	4,06	—	7,36	—
Личинки <i>Chironomus</i> sp.***	62,79	3,1	29,46	4,65	—
Мидии**	51,43	7,71	—	—	—

Примечания. * — Benijts et al., 1979; ** — <http://fish-prom.ru/stati/himicheskiy-sostav.html>; *** — Маликова, 1956.

перимент проведён в трёх повторностях, каждая из которых включала по 13–14 личинок.

Во втором варианте эксперимента оценена избирательность питания зоэа III по отношению к науплиям *Artemia* sp. и обладающему нулевой пищевой ценностью активированному углю. В одну ёмкость с личинками (30 особей), выдержанными без корма в течение суток, вносились науплии *Artemia* sp. — 6000 экз./л. Во вторую ёмкость с личинками вносили мелко измельченный уголь из расчета 50 мг/л. Через 40 минут всех личинок просматривали под бинокулярным микроскопом и определяли присутствие корма в ЖКТ. Эксперимент проведён в двух повторностях.

3. Определение времени прохождения корма через желудочно-кишечный тракт

Личинки. Для оценки скорости прохождения корма через ЖКТ поставлены эксперименты двух типов. Во-первых, проведён эксперимент, направленный на определение времени, необходимого голодным личинкам на захват и потребление корма, то есть до момента появления пищевых частиц в ЖКТ. В ходе исследований зоэа I помещали в ёмкость с объёмом

воды 0,8 л, содержащую науплии *Artemia* sp. в избыточной концентрации (>6000 экз./л). Время выдержки корма составляло: 10, 20, 30, 40, 50 и 60 минут. После истечения определённого временного интервала личинок извлекали из ёмкости и просматривали, определяя как наличие корма в ЖКТ, так и местоположение пищевого комка. Эксперимент проведён в трёх повторностях, каждая из которых включала по 15 личинок. Во-вторых, оценена непосредственно длительность прохождения через ЖКТ двух типов корма: науплиев *Artemia* sp. (у зоэа I — IV стадий) и комбикорма «Micron» (у зоэа III стадии). В ходе эксперимента 20 личинок оставляли без корма на сутки, после чего помещали на час в ёмкость (объём 0,8 л) с науплиями или комбикормом. Концентрация корма была избыточной. После насыщения личинок кормом их рассаживали в индивидуальные ёмкости объёмом 100 мл. Температура воды в ёмкостях на протяжении эксперимента составляла 9 °С. Каждые полчаса определяли положение пищевого комка в ЖКТ. Регулярный осмотр личинок продолжали вплоть до момента полного освобождения ЖКТ.

Молодь. В эксперименте оценивали скорость прохождения корма (личинки *Chironomus* sp.) через ЖКТ у молоди второй стадии. Молодь (13 экз.) содержали в индивидуальных ёмкостях объёмом 100 мл при температуре 10 °С. Для освобождения пищеварительного тракта от остатков ранее съеденного корма особей выдерживали двое суток без пищи. После внесения корма всех особей просматривали спустя 2,5, 4,5, 8, 9, 10 и 24 часа, определяли наличие и положение пищевого комка в ЖКТ, а также наличие pellets на дне ёмкости.

Статистическая обработка данных проводилась в программах MS Excel и Statistica 6.0 (StatSoft Inc.). Для определения достоверности различий использовали непараметрический критерий Манна-Уитни. Различия между выборками считали достоверными при значениях $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Апробация различных типов кормов

Личинки. Наибольшая выживаемость к концу IV стадии зоэа отмечена у личинок, которых кормили науплиями артемии (54%). Выживаемость при кормлении комбикормами была очень низкой — 9–11% (рис. 1).

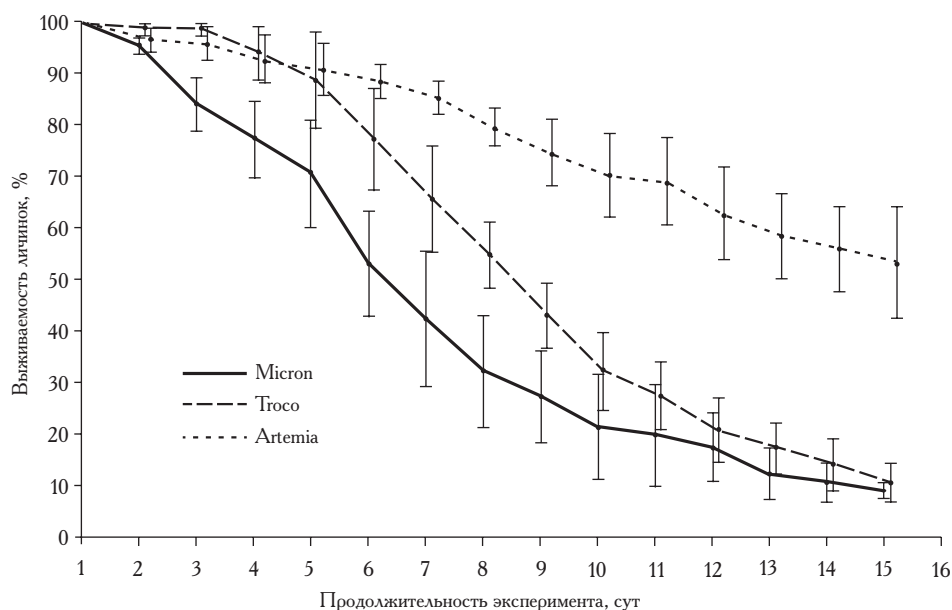


Рис. 1. Выживаемость личинок при кормлении различными кормами. Вертикальные линии — стандартное отклонение

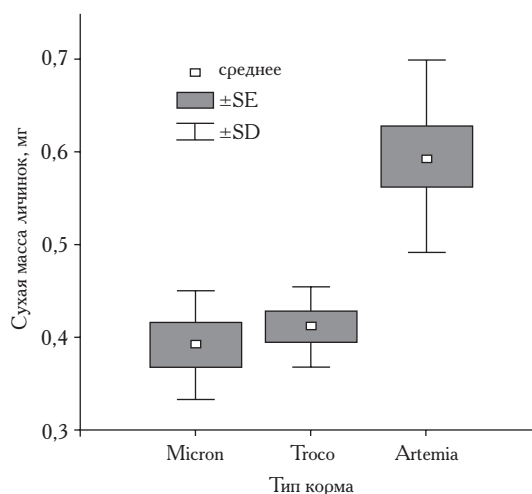


Рис. 2. Сухая масса личинок при кормлении различными кормами: SE — стандартная ошибка, SD — стандартное отклонение

Сухая масса личинок на IV стадии (рис. 2) максимальна при кормлении науплиями артемии, а при использовании сухих комбикормов «Micron» и «Troco» достоверно ниже ($p = 0,0034$ и $p = 0,0017$ соответственно). Основной причиной гибели являлся каннибализм. Интенсивность каннибализма при кормлении науплиями артемии (5%) была достоверно ниже, чем при кормлении комбикормами «Micron» (51%) и «Troco» (28%).

Молодь. Выживаемость (рис. 3) и скорость роста (рис. 4) молоди при использовании кормов животного происхождения выше, чем при использовании комбикорма «Wafer Mix» при обеих температурах ($p = 0,029$ для температуры 7°C и $p = 0,026$ для температуры 13°C). Скорость роста наиболее высока при температуре 13°C для обоих видов корма ($p = 0,0004$ для животного корма и $p = 0,02$

для комбикорма «Wafer Mix»). Основной причиной гибели являлся каннибализм или неудачная линька.

Уровень каннибализма при использовании натуральных кормов оказался достоверно ниже, чем при использовании комбикорма ($p > 0,004$). Повышение смертности совпадало с периодами линьки, снижение соответствовало межлиночному периоду. За время экспери-

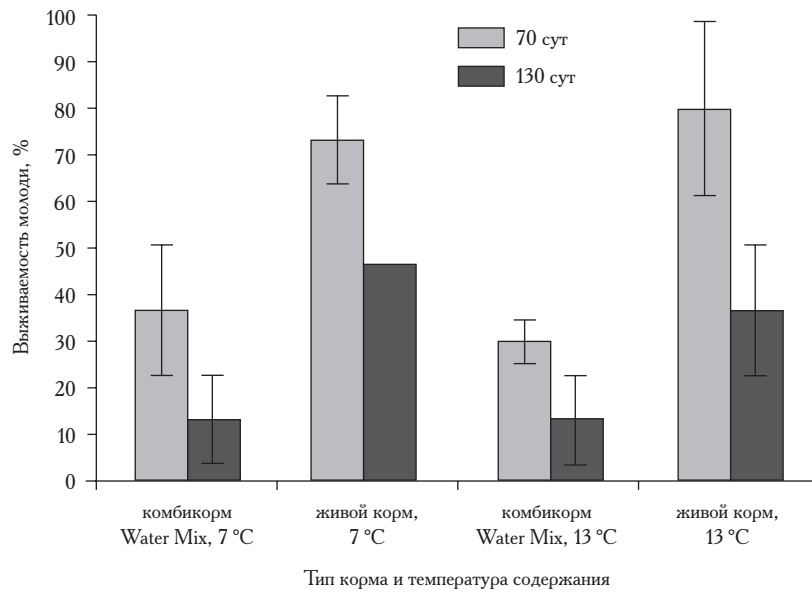


Рис. 3. Выживаемость молоди в зависимости от температуры и типа корма. Вертикальные линии — стандартное отклонение

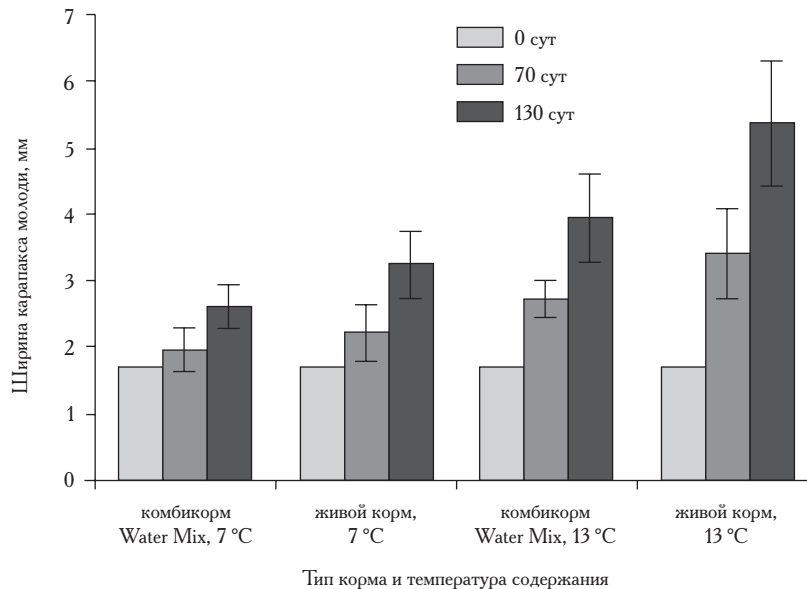


Рис. 4. Изменение ширины карапакса молоди в зависимости от температуры и типа корма. Вертикальные линии — стандартное отклонение

мента особи в среднем перелиняли по 3–4 раза при температуре 7 °С и по 5–6 раз при 13 °С. Большое число линек при температуре 13 °С и, как следствие, увеличение каннибализма стали причинами снижения выживаемости.

2. Оценка избирательности питания у личинок камчатского краба

В ЖКТ зоэа I в более чем 75% случаев обнаружена смесь науплиев *Artemia* sp. и частиц комбикорма «Micron». У 5% личинок корма внутри ЖКТ не обнаружено. Кроме того, 18% от общей численности зоэа в эксперименте поедали исключительно науплии, и только 2% поглощали исключительно комбикорм «Micron». Таким образом, личинки камчатского краба активно поедают как животный, так и содержащий растительные компоненты корм, и резких предпочтений одного типа пищи другому не выявлено. Однако необходимо отметить, что большая доля экспериментальных особей поглощала науплиев *Artemia* sp., предпочтя их комбикорму «Micron». Личинки, в ЖКТ которых корм не был обнаружен, скорее всего, находились в предлиночном состоянии и не питались.

Зоэа III активно поедали как науплии *Artemia* sp., так и молотый активированный уголь. Науплии обнаружены в ЖКТ у 80–90%, а активированный уголь в ЖКТ у 60–80% личинок.

3. Прохождение корма через желудочно-кишечный тракт

Личинки. При питании личинок науплиями *Artemia* sp. (концентрация >6000 экз./л) насыщение основной массы особей происходило спустя 60 минут после внесения корма. К этому моменту более 90% от общей численности личинок заполняли свои желудки кормом, жидкая фракция которого начинала поступать в пищеварительную железу. Статистически достоверных различий между продолжительностью прохождения корма через ЖКТ на разных стадиях личиночного развития не выявлено (рис. 5). Как у зоэа I, так и у зоэа IV первые пеллеты появляются в среднем спустя 105–110 минут после захвата корма.

Кроме того, не обнаружено статистически достоверных различий между временем

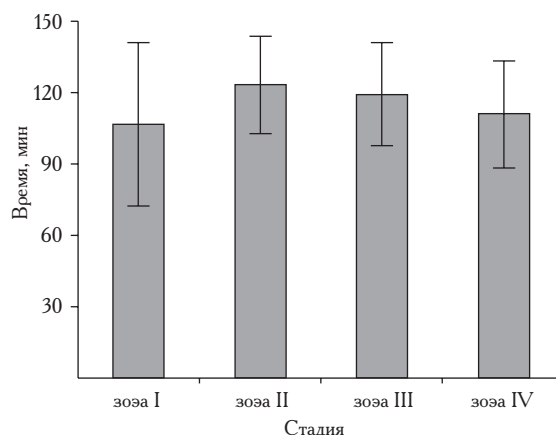


Рис. 5. Изменения времени прохождения корма через пищеварительный тракт в зависимости от личиночной стадии.

Вертикальные линии — стандартное отклонение

прохождения животного (науплии *Artemia* sp.) и содержащего растительные компоненты (Micron) кормов (рис. 6). У зоэа III при питании обоими типами кормов первые пеллеты появляются спустя два часа после захвата пищи. Также в ходе эксперимента было отмечено, что время полного освобождения ЖКТ напрямую зависит от количества потреблённой пищи. В случаях полного заполнения желудка кормом, независимо от его состава, максимальное время освобождения ЖКТ составляет 5–6 часов.

Молодь. Через два с половиной часа после начала эксперимента только у двух из три-

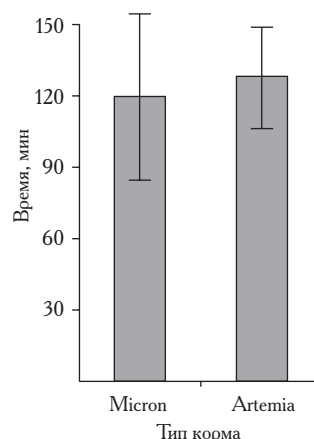


Рис. 6. Изменения времени прохождения корма через пищеварительный тракт личинки (зоэа III) в зависимости от типа корма.

Вертикальные линии — стандартное отклонение

надцати особей молоди второй стадии было зафиксировано появление первых пеллет. По прошествии десяти часов первые пеллеты появились у восьми из тринадцати особей. Через сутки пеллеты были отмечены у двенадцати из тринадцати особей, причём у одиннадцати особей было отмечено повторное появление пеллет в интервале 10–24 часа наблюдений. В течение всего эксперимента в ЖКТ молоди отмечалось присутствие пищи. Спустя 24 часа с момента начала эксперимента пища продолжала находиться в ЖКТ у 11 из 13 особей. Таким образом, минимальное время прохождения корма составило около 2–2,5 часов, а полностью процесс пищеварения занял более суток.

ОБСУЖДЕНИЕ

В экспериментах зоэа камчатского краба охотно поедали все типы предложенных кормов: как усвояемых науплиев артемии, так и неперевариваемых (активированный уголь). В целом можно заключить, что для личинок камчатского краба химический состав корма не является определяющим фактором при захвате и потреблении пищевых частиц. Это объясняет тот факт, что в вариантах эксперимента с использованием комбикормов личинки активно потребляли корм, но при этом показатели выживаемости и роста были низкими. Таким образом, интенсивность потребления корма не может служить достаточным критерием при его выборе.

В литературе имеются сведения о кормлении личинок краба искусственными кормами, содержащими яичный желток и сухое молоко; пищевыми дрожжами; стандартным кормом для морских креветок; сухим мясом крабов, а также желатиновыми микрокапсулами с питательными веществами [Sato, Tanaka, 1949; Зубкова, 1964; Ковачева, 2002]. Специально разработанных для камчатского краба комбикормов в настоящее время не существует. Показана принципиальная возможность использования сухих комбикормов [Эпельбаум, 2004; Ковачева, 2008], но выживаемость особей при этом была низкой. Кроме того использование комбикормов приводило к быстрому накоплению в ёмкостях соединений аммония (токсичных для личинок), а также вызывало трудности при чистке ёмкостей. По результа-

там нашей работы получена сходная картина. Наибольшая выживаемость зоэа камчатского краба от II до IV стадии отмечена у личинок, которых кормили науплиями артемии — 54%, а выживаемость при использовании комбикормов была очень низкой — 9–11%. При этом кормление науплиями артемии обеспечило более высокие темпы увеличения веса личинок. Несмотря на то, что у личинок, отловленных из естественной среды, в желудках регулярно встречались диатомовые водоросли [Marukawa, 1933], использование в качестве кормов монокультур водорослей *Nitzschia* sp., *Skeletonema costatum* и *Chaetoceros* sp. также приводило к высокой (от 84 до 100%) смертности особей уже при линьке на II стадию развития [Sato, Tanaka, 1949; Kurata, 1959; Paul et al., 1989]. Единственный успешный пример применения водорослей в качестве дополнительного элемента рациона для зоэа — *Thalassiosira nordenskioldii* [Paul et al., 1989; Persselin, Daly, 2009]. Наши эксперименты показали, что присутствие растительных компонентов в пище для завершения метаморфоза необязательно [Кряхова и др., 2011а]. Проведённые нами исследования показали, что науплии *Artemia* sp. полностью удовлетворяют физиологическим потребностям личинок и обеспечивают оптимальные темпы роста.

Морфологическое строение личинок камчатского краба на протяжении четырёх стадий зоэа меняется незначительно [Epelbaum et al., 2006]. Близкое время прохождения корма через ЖКТ на разных личиночных стадиях, по-видимому, обусловлено тем, что морфология ЖКТ у личинок разных стадий меняется незначительно [Эпельбаум, 2004]. Однако, так как вместе с размером организма возрастают энергетические потребности особи, то значительно увеличивается дневной рацион личинок. В лаборатории марикультуры беспозвоночных (воспроизводства ракообразных до 2014 г.) ВНИРО нами были проведены исследования суточных рационов для всех четырёх стадий зоэа камчатского краба. Суточные рационы для зоэа I–IV стадии в среднем составили 11–17, 22–26, 27–33 и 35–42 науплиев *Artemia* sp. на особь соответственно [Epelbaum, Kovatcheva, 2005; Кряхова и др., 2011б]. Следовательно, так как рацион личи-

нок возрастает, необходимо пропорционально увеличивать объём вносимого корма, и его количество к стадии зоэа IV должно быть увеличено в три раза. При этом при искусственном содержании личинок камчатского краба оптимальным мы считаем применение 2–3-разового кормления с интервалом 8–12 часов.

Поскольку личинки краба не ведут направленного поиска корма, а захватывают пищевые объекты, находящиеся в непосредственной близости, важно не допускать снижения концентрации корма в ёмкости ниже так называемой «минимальной непотребляемой концентрации частиц». Значение минимальной непотребляемой концентрации науплиев артемии для зоэа I–IV составляет в среднем около 160 экз. на литр [Epelbaum, Kovatcheva, 2005].

Важной особенностью технологии выращивания камчатского краба являются низкие температуры содержания личинок и молоди. Для личинок оптимальной температурой является 7–8 °С, для молоди — 10–13 °С. При использовании в качестве корма живых науплиев *Artemia* sp. следует учитывать, что в холодной воде они быстро теряют подвижность и опускаются на дно. В случае с молодью это облегчает задачу внесения корма, однако при кормлении личинок, напротив, приводит к существенным проблемам. Личинки камчатского краба достаточно медлительны в потреблении корма, и значительная часть несъеденных науплиев опускается на дно. Их скопления в свою очередь притягивают личинок, что увеличивает каннибализм и способствует возникновению болезней. Уменьшение количества кормовых объектов в толще воды тоже приводит к увеличению каннибализма. Избежать оседания науплиев можно отрегулировав соответствующим образом токи воды в ёмкости. Однако при этом следует учитывать, что при очень интенсивном перемешивании воды в ёмкости у личинок снижается эффективность захвата корма.

После линьки зоэа IV превращается в постличинку — глаукотэ. По нашим наблюдениям в аквариальных условиях было установлено, что глаукотэ не питается [Ковачева, 2002]. Морфологический анализ пищеводовывательного аппарата и анализ строения пищеварительной системы подтвердили этот факт

[Эпельбаум, 2004; Epelbaum et al., 2006]. Предположительно источником метаболической энергии глаукотэ служат липидные капли, накопленные в пищеварительной железе в ходе личиночного развития [Эпельбаум, 2004]. При культивировании камчатского краба на стадии глаукотэ кормление прекращается [Kovatcheva et al., 2006]. При температуре воды 8 °С продолжительность стадии глаукотэ составляет около 20 суток, после чего происходит переход на первую стадию молоди. Молодь камчатского краба является питающейся стадией, и кормление следует возобновить.

В естественной среде молодь камчатского краба использует пищевую базу прибрежной зоны. Основу её рациона составляет детрит, одноклеточные водоросли, фораминиферы, губки, гидроиды и другие мелкие бентосные организмы [Тарвердиева, 1974; Матюшкин, 2001; Ржавский, Переладов, 2003; Marukawa, 1933; Feder, 1980]. По мере роста спектр животных и растительных компонентов расширяется, а доля детрита уменьшается [Ржавский, Переладов, 2003].

При выращивании молоди камчатского краба в искусственных условиях показана принципиальная возможность использования сухих комбикормов, по составу подобных «Wafer Mix». Однако более высокие показатели роста и меньший уровень каннибализма, зарегистрированные при использовании диеты, включающей корма животного происхождения, указывают на необходимость разработки специализированного сбалансированного комбикорма. Следует учитывать, что в естественной среде у первой стадии молоди детрит составляет значительную часть рациона [Ржавский, Переладов, 2003]. На данный момент оптимальным вариантом для первых стадий молоди является рацион с чередованием комбикорма, мелко измельчённого мяса моллюсков и мелких ракообразных.

Длительное время прохождения корма через ЖКТ молоди свидетельствует о низкой скорости пищеварения. Это позволяет рекомендовать внесение корма один раз в сутки. Внесение корма следует проводить в вечернее время, когда у молоди наблюдается повышение активности.

Основной проблемой при выращивании первых стадий молоди краба является каннибализм особенно в межлиночный период [Борисов и др., 2007]. Для его предотвращения следует использовать структурирующий объём субстрат и избегать концентрации молоди в какой-либо части выростной ёмкости. Корм следует вносить либо равномерно по всей ёмкости, либо в нескольких равноудалённых друг от друга точках.

Выводы

1. Для кормления личинок камчатского краба наиболее подходят живые науплии *Artemia* sp.
2. Режим кормления личинок камчатского краба не меняется на протяжении всего личиночного периода, кормление проводят 2–3 раза в сутки.
3. Количество вносимого корма необходимо увеличивать в соответствии с ростом пищевых потребностей личинок.
4. Внесение корма следует прекращать после окончания линьки зоеа IV, на время прохождения стадии глаукотоз, и возобновлять после появления первых особей молоди.
5. Для кормления первых стадий молоди камчатского краба оптимален рацион с чередованием мелко измельчённого мяса моллюсков, комбикорма и мелких ракообразных.
6. Для сохранения равномерного распределения молоди в ёмкости и снижения каннибализма, корм необходимо вносить равномерно по всей площади или в нескольких равноудалённых друг от друга точках ёмкости.

ЛИТЕРАТУРА

- Борисов Р.Р., Ковачева Н.П. 2003. Стадия прозоа камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) // Матер. Междунар. симпоз. «Холодноводная аквакультура: старт в XXI век». М.: ФГНУ «Росинформагротех». С. 180–181.
- Борисов Р.Р., Эпельбаум А.Б., Кряхова Н.В., Тертицкая А.Г., Ковачева Н.П. 2007. Проявление каннибализма у камчатского краба на различных стадиях жизненного цикла при выращивании в искусственных условиях // Биология моря. Т. 33. С. 227–231.
- Елецкая М.В., Штрик В.А. 2006. Питание молоди камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в прибрежной зоне Баренцева моря // Современное состояние популяций крабов Баренцева моря и их взаимодействие с донными биоценозами. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 29–32.
- Зубкова Н.А. 1964. Опыт содержания камчатского краба в аквариуме // Тр. Мурман. морск. биол. ин-та. Вып. 5 (9). С. 105–113.
- Ковачева Н.П. 2002. Биотехнология искусственного воспроизводства камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в системе с замкнутым циклом водоснабжения // Матер. Междунар. конф-ии СахНИРО. Южно-Сахалинск. Т. 3. С. 300–308.
- Ковачева Н.П. 2008. Аквакультура десятиногих ракообразных: камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* и гигантская пресноводная креветка *Macrobrachium rosenbergii*. М.: Изд-во ВНИРО. 239 с.
- Кряхова Н.В., Борисов Р.Р., Ковачева Н.П. 2011а. Динамика суточного рациона личинок камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* // Матер. междунар. науч. — практ. конф-ии «Аквакультура Европы и Азии: реалии и перспективы развития и сотрудничества». Тюмень: ФГУП Госрыбцентр. С. 97–99.
- Кряхова Н.В., Борисов Р.Р., Ковачева Н.П. 2011б. Апробация кормов для личинок камчатского краба // Тезисы докладов IV междунар. науч.-практ. конф. «Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки». Южно-Сахалинск: СахНИРО. С. 178.
- Маликова Е.М. 1956. Пищевая ценность некоторых беспозвоночных как корма для рыб // Биохимия. Т. 21. № 2. С. 28–41.
- Матюшкин В.Б. 2001. Ранняя молодь камчатского краба // Камчатский краб в Баренцевом море (Результаты исследований ПИНРО 1993–2000 гг.). Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 87–97.
- Ржавский А.В., Переладов М.В. 2003. Питание краба *Paralithodes camtschaticus* на мелководье Баренгер-фьорда (Баренцево море): изучение содержимого желудочно-кишечного тракта и визуальные наблюдения // Донные экосистемы Баренцева моря. М.: Изд-во ВНИРО. Т. 142. С. 120–131.
- Тарвердиева М.И. 1974. Распределение и питание мальков камчатского краба *Paralithodes camtschatica* у западного побережья Камчатки // Тр. ВНИРО. Т. 99. Вып. 5. С. 54–62.
- Эпельбаум А.Б. 2004. Питание камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) на ранних стадиях онтогенеза в искусственных условиях. Автореф. дисс. канд. биол. наук. М. 24 с.
- Benijts F., Van Voorden E., Sorgeloos P. 1979. Changes in the Biochemical Composition of the Early Larval Stages of the Brine Shrimp *Artemia salina* // Proceeding of the 10th Eur. Symposium on Mar. Biol. V. 1. P. 1–9.

- Epelbaum A.B., Kovatcheva N.P.* 2005. Daily Food Intakes and Optimal Food Concentrations for Red King Crab (*Paralithodes camtschaticus*) Larvae Fed *Artemia* Nauplii under Laboratory Conditions // *Aquacult. Nutrition*. V. 11. P. 455–461.
- Epelbaum A.B., 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. Mar. Biol. Ass. United Kingdom*. V. 86. № 2. P. 317–333.
- Feder H.M., McCumby K., Paul A.J.* 1980. The Food of Post-Larval King Crab, *Paralithodes camtschatica*, in Kachemak Bay, Alaska (Decapoda, Lithodidae) // *Crustaceana*. V. 39. P. 315–318.
- Kovatcheva 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. VNIRO Publishing, Moscow. 116 p.
- Kurata H.* 1959. Studies on the Larva and Postlarva of *Paralithodes camtschatica*. I. Rearing of the Larvae, with Special Reference to the Food of the Zoea // *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.* V. 20. P. 76–83.
- Marukawa H.* 1933. Biological and Fishery Research on Japanese King Crab, *Paralithodes camtschatica* (Tilesius) // *J. Imp. Fish. Exp. Stat. Tokyo*. V. 37. P. 152–159.
- Nakanishi T.* 1987. Rearing Conditions of Eggs, Larvae, and Postlarvae of King Crab *Paralithodes camtschaticus* // *Bull. Jpn. Sea Nat. Fish. Res. Inst.* V. 37. P. 57–161.
- Paul A.J., Paul J.M., Coyle K.O.* 1989. Energy Sources for First-Feeding Zoea of King Crab *Paralithodes camtschatica* (Tilesius) (Decapoda, Lithodidae) // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* V. 130. № 1. P. 55–70.
- Paul A.J., Paul J.M., Shoemaker P.A., Feder H.M.* 1979. Prey Concentrations and Feeding Response in Laboratory-Reared Stage-One Zoeae of King Crab, Snow Crab, and Pink Shrimp // *Transaction of the American Fisheries Society*. V. 108. P. 440–443.
- Persselin S., Daly B.* 2009. Assessment of Diet and Water Source on Cultivation of Red King Crab (*Paralithodes camtschaticus*) Larvae // *Abstracts of 25th Lowell Wakefield Fisheries Symposium, Biology and Management of Exploited Crab Populations under Climate Change*. Anchorage, Alaska. P. 63.
- Sato S., Tanaka S.* 1949. Study on the Larval Stage of *Paralithodes camtschatica* (Tilesius). I. About Morphological Research // *Hokkaido Fish. Exp. Stat. Res. Rep.* V. 1. P. 7–24.

Feeding Strategy of Early Development Stages of Red King Crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) in Artificial Conditions

N.P. Kovatcheva, N.V. Kryakhova, R.R. Borisov

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO, Moscow)

A feeding strategy for the early stages of development of the red king crab was generated. The material taken for the strategy included the results of experiments to find out the rate of the passage of feed through the gastrointestinal tract, diet preference, and testing of various feeds. The work was done on red king crab larvae and juveniles. Advice for optimal feeds, regime of feeding, and methods of introducing feeds to the larval stages and to juveniles are given.

Key words: red king crab, nutrition, crustacean cultivation