

На правах рукописи

Эпельбаум Анна Борисовна

**Питание камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) на
ранних стадиях онтогенеза в искусственных условиях**

Специальность 03.00.18 - гидробиология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва - 2004

Работа выполнена в лаборатории воспроизводства ракообразных
Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и
океанографии (ВНИРО)

Научный руководитель:

кандидат биологических наук

Ковачева Н.П.

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук

Павлов В.Я.

доктор биологических наук

Жирков И.А.

Ведущая организация: Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н.
Северцова РАН, г. Москва

Защита состоится «28» января 2005 г. в 11 ч. 00 мин. на заседании
диссертационного совета Д 307.004.01 по защите диссертаций на соискание
ученой степени кандидата биологических наук при Всероссийском научно-
исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)
по адресу: 107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, д. 17.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Всероссийского
научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии
(ВНИРО).

Автореферат разослан «23» декабря 2004 г.

Ученый секретарь диссертационного совета

кандидат биологических наук

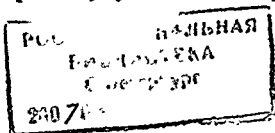


Агафонова Т.Б.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) является одним из важнейших промысловых видов ракообразных. В настоящее время численность природных популяций этого вида в морях Дальнего Востока значительно снизилась из-за интенсивного промысла и ухудшения экологической обстановки в Мировом океане (Кобликов и др., 2002; Долженков, Кобликов, 2004). В связи с этим появилась необходимость в разработке технологии искусственного воспроизводства данного вида. В 2000 году во Всероссийском научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) начата разработка технологии получения и подращивания личинок и молоди краба в контролируемых условиях до жизнестойких стадий. В природных условиях до стадии глаукотоз выживает около 1% личинок (Magukawa, 1933), в то время как получение личинок в искусственных условиях позволяет увеличить эффективность воспроизводства на порядок и более (Ковачева, 2002). Важным элементом создания данной технологии является обеспечение оптимальных условий кормления, особенно в период раннего онтогенеза, так как от этого во многом зависит успех дальнейшего культивирования. В связи с этим необходимо изучить питание камчатского краба на ранних, наиболее уязвимых стадиях развития, – личиночных и послеличиночных.

Для подбора оптимального рациона, условий и методов кормления и содержания личинок и послеличинок камчатского краба в искусственных условиях важно изучить пищевое поведение, морфологическое строение и функционирование конечностей, входящих в состав пищедобывательного аппарата на каждой стадии развития. Кроме того, необходимо определить оптимальный качественный состав кормовых рационов, а также величину суточного рациона, достаточную для обеспечения физиологических потребностей личинок, но не приводящую к избытку пищи в выростных емкостях, поскольку при этом резко ухудшается гидрохимический режим и



увеличивается риск возникновения бактериальных и грибковых инфекций (Zheng, Fang, 1998).

Комплексное изучение особенностей питания камчатского краба на ранних стадиях развития необходимо для прояснения некоторых моментов биологии этого вида и повышения эффективности его искусственного воспроизводства.

Цель и задачи исследования. Цель работы - изучение способа питания, функциональной морфологии пищеводобывательного аппарата и биотехнических основ кормления камчатского краба на ранних стадиях развития (личиночных и послеличиночных). В соответствии с поставленной целью были сформулированы следующие задачи:

- определить и описать способ питания личинок и послеличинок камчатского краба;
- изучить строение, взаиморасположение и функции конечностей и придатков тела, входящих в состав их пищеводобывательного аппарата;
- изучить особенности строения пищеварительной системы личинок и послеличинок;
- сравнить особенности строения пищеводобывательного аппарата и пищеварительной системы личинок и послеличинок и установить связь найденных различий с образом жизни соответствующих стадий развития;
- определить оптимальный качественный состав кормовых рационов для личинок и послеличинок;
- определить оптимальный количественный состав суточных рационов и кратность кормления для личинок и послеличинок.

Научная новизна. Впервые проведено комплексное исследование питания камчатского краба в ходе личиночного и послеличиночного периода в искусственных условиях.

Подробно исследовано строение и функционирование конечностей пищеводобывательного аппарата личинок, глаукотоз и ювенильных особей.

Впервые описано взаимодействие различных элементов пищедобывательного аппарата и способ питания личинок камчатского краба.

При помощи комплексного подхода (экспериментальные наблюдения, морфологический и гистологический анализ) доказана афагия глаукотоз камчатского краба.

Экспериментально установлены величины суточных рационов зоза I-IV стадий при кормлении науплиями *Artemia sp.*. Впервые описана зависимость между весом тела личинок камчатского краба и величиной их суточного рациона.

Впервые проведены эксперименты по введению искусственных кормов в рацион личинок камчатского краба и определению влияния кормов на выживаемость личинок.

Практическое значение. Составлены рекомендации по кормлению личинок камчатского краба науплиями *Artemia sp.* при содержании в искусственных условиях, в том числе выведена формула для расчета расхода науплиев на основании суточных рационов личинок каждой стадии в зависимости от плотности посадки и объема выростной емкости. Точный расчет расхода кормов позволяет удовлетворить пищевые потребности личинок, свести к минимуму риск ухудшения гидрохимического режима и возникновения инфекций, а также сократить затраты на приобретение кормов.

Установлена зависимость между величиной суточного рациона и весом тела личинок камчатского краба на каждой стадии развития, что открывает определенные возможности для анализа трофической роли личинок камчатского краба в природных экосистемах.

Показана возможность использования сухих комбикормов серии Start производства компании Dana Feed (Дания) для личинок I-II стадий, что позволяет гарантированно производить кормление при отсутствии живого

корма и тем самым повысить эффективность искусственного воспроизводства камчатского краба.

Установлено, что при содержании в искусственных условиях глаукотоз камчатского краба кормить не следует.

Апробация. Основные положения диссертационной работы доложены на IV Всероссийской конференции по промысловым беспозвоночным (Калининград, 2002), симпозиуме «Холодноводная Аквакультура: старт в 21 век» (Санкт-Петербург, 2003), международной конференции «Aquaculture Еurore-2003» (Трондхейм, Норвегия, 2003), II Международной научно-практической конференции «Человек и животные» (Астрахань, 2004), V научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 2004), Научно-практической конференции «О приоритетных задачах рыбохозяйственной науки в развитии рыбной отрасли России до 2020 года» (Москва, 2004), Международном научном семинаре «Проблемы репродукции и раннего онтогенеза морских гидробионтов» (Мурманск, 2004).

Публикации. По теме диссертации опубликовано десять работ, одна статья находится в печати.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, практических рекомендаций, списка литературы и приложения. Рукопись состоит из 138 страниц, включает 10 таблиц и 43 рисунка. Список литературы состоит из 170 источников, из них 103 на иностранных языках.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Обзор литературы

В главе описана история изучения, биология и жизненный цикл камчатского краба, а также современное состояние запаса данного вида. Обобщен мировой и отечественный опыт по воспроизводству камчатского

краба в море и в контролируемых условиях на берегу. Отмечено, что технология воспроизводства камчатского краба по-прежнему находится в процессе разработки, и для ее совершенствования необходимо продолжить всестороннее изучение биологии данного вида, в особенности питания на ранних стадиях онтогенеза. Обобщены литературные данные по морфологии пищеводобывательного аппарата и строению пищеварительной системы личинок и послеличинок камчатского краба. Приведен обзор исследований по питанию личинок в природе. Рассмотрены опыты по введению различных естественных и искусственных кормов в рацион личинок камчатского краба и близких видов декапод в лабораторных условиях. Отмечена недостаточность данных по питанию личинок и ряд имеющихся в литературе противоречий относительно питания глаукотоз камчатского краба.

Глава 2. Материал и методика исследований

Объект исследования - личинки (зоа I-IV) и послеличинки (глаукотоз) камчатского краба, полученные от самок с икрой в искусственных условиях в установках с замкнутым циклом водоиспользования. Исследования проводились в аквариальной Всероссийского выставочного центра (ВВЦ) в период с 2000 по 2001 гг. и в аквариальной лаборатории воспроизводства ракообразных Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) в период с 2002 по 2004 гг. В работе приводится описание биотехники искусственного воспроизводства камчатского краба.

Морфо-функциональный анализ. Определение стадий развития личинок проводили по модифицированной нами схеме В.С. Левина (2001), учитывая не только наличие плеопод и уropод и обособленность тельсона, но также строение и щетиночное вооружение экзоподита максиллипод третьей пары.

Для изучения способа движения и питания проведены визуальные наблюдения за личинками и глаукотоз в аквариумах и в плоских стеклянных емкостях различного объема, помещенных под бинокляр МБС-9. В качестве корма использовались живые науплии *Artemia sp.*

На фиксированном материале проводилось изучение взаиморасположения, строения и вооружения конечностей и придатков тела, входящих в состав пищедобывательного аппарата. При этом под пищедобывательным аппаратом понимали совокупность органов и придатков тела, совместно участвующих в захвате и обработке пищевого объекта и образующих единое конструктивное целое, в соответствии с определением В.Я. Павлова (2000). Материал исследовали методом световой микроскопии.

Для выявления особенностей строения пищеварительной системы были изготовлены постоянные гистологические препараты серий поперечных срезов личинок на стадии зоза IV и глаукотоз по методике М.А. Валовой и Д.Н. Кавтарадзе (1993).

Эксперименты по питанию. В качестве корма использовали науплиев *Artemia sp.*, полученных стандартным методом инкубации цист (Lavens, Sorgeloos, 1996), науплиев *Balanus balanoides*, и сухие стартовые комбикорма для морских организмов серий Start и Wean-Ex линии Larviva (производство Dana Feed, Дания).

Эксперименты по кормлению личинок различными кормами проводили в дополнительно аэрируемых пластиковых контейнерах с 0.5 л искусственной морской воды на основе соли MarineMix при плотности посадки личинок 50 экз./л. Ежедневно заменяли 100% воды (пересаживая личинок в контейнеры с чистой водой), определяли процент выживаемости и количество перелинявших особей. Эксперимент для каждой стадии считали завершенным после того, как 75% личинок переходили на следующую стадию развития. Были поставлены опыты с 10 вариантами кормления в 3-х повторностях, с использованием 69-75 личинок в каждом опыте.

Кроме того, мы провели 76 опытов по определению суточных рационов личинок с использованием 15-20 личинок в каждом опыте. Для расчета суточного рациона (r) использовали следующее уравнение (Сущенко, 1975):

$$r = v(K - K_0)24/nt, \quad [1]$$

где v – объем воды в экспериментальном контейнере (л); K – начальная концентрация науплиев артемии (шт./л); K_0 – концентрация науплиев артемии в момент t (шт./л); n – число личинок в опыте (экз.), t – продолжительность опыта (ч). Графики зависимости величины суточного рациона от концентрации пищи строили с применением программы MicroCal Origin 6.10, аппроксимируя экспериментальные точки методом наименьших квадратов с использованием модифицированного уравнения Ивлева (Сущенко, 1975):

$$r = M[1 - e^{-(K_0 - K)/I}], \quad [2]$$

где r – суточный рацион (шт./экз×сутки); K – концентрация науплиев (шт./л); M , I , K_0 – константы.

Теоретический суточный рацион личинок рассчитывали по следующей формуле, выведенной для класса ракообразных в целом (Сущенко, 1969):

$$r_t = 0.075W^{0.8}, \text{ где} \quad [3]$$

r_t – теоретический суточный рацион личинки (g сырого веса); W – вес личинки (g сырого веса).

Глава 3. Изучение функциональной морфологии пищедобывательного аппарата и пищеварительной системы

В раннем онтогенезе камчатского краба выделяют следующие периоды: личиночный (презоза, зоза I-IV), послеличиночный (глаукотоз) и ювенильный (малек). В данной главе приводится подробное описание и рисунки расположения, строения и щетиночного вооружения конечностей пищедобывательного аппарата презоза, зоза I-IV, глаукотоз и малька первой

стадии. Составлена классификация щетинок, обнаруженных на конечностях пищеводобывательного аппарата.

Главные морфологические особенности презоза – отсутствие рострума и наличие тонкой эмбриональной кутикулы, которая покрывает все тело личинки наподобие чехла и образует длинные перистые выросты на антеннах и тельсоне. Согласно наблюдениям в аквариальных условиях и результатам морфологического анализа, презоза не питается.

Исследования показали, что у зоа I-IV вторая пара антенн является чисто сенсорным придатком и не связана с локомоцией. Локомоторную и гидрокинетическую функцию выполняют экзоподиты максиллипед, что приводит к своеобразному способу движения и захвата пищи. Перистые щетинки на концах экзоподитов максиллипед образуют гребные лопасти, вогнутые с оральной стороны; гребной удар индуцирует течение, направленное к роструму личинки и перемещающее личинку в противоположном направлении. Работая экзоподитами, личинка плывет тельсоном вперед, занимая вертикальное положение и поднимаясь к поверхности воды. При неподвижных экзоподитах личинка опускается вниз.

Общий план строения пищеводобывательного аппарата у зоа I-IV одинаков. Ротовое отверстие спереди прикрыто мускулистой верхней губой, которая частично располагается между мандибулами. К гладкой поверхности мандибул прилегают парагнаты. На мандибулы частично налегают и максиллы. Максиллы имеют уплощенную форму и несколько вогнуты с оральной стороны, что позволяет им располагаться компактно, повторяя форму друг друга. Под максиллярным отделом на вентральной стороне тела располагаются максиллипеды. Размер максиллипед уменьшается от первой пары к третьей. Протоподиты максиллипед параллельны друг другу и сагиттальной плоскости; короткие коксоподиты сливаются с базиподитами, что обеспечивает жесткость конструкции ловчего аппарата. Эндо- и экзоподиты максиллипед несколько отведены в стороны. Таким образом,

конечности пищедобывательного аппарата личинки можно разделить на несколько функциональных групп (отделов): верхняя губа, мандибулы и парагнаты входят в состав ротового отдела, максиллы образуют максиллярный отдел, а максиллипеды - ловчий аппарат личинки. При переходе на каждую следующую личиночную стадию щетиночное вооружение конечностей усложняется. Так, увеличивается число зубчатых и перисто-зубчатых щетинок на эндитах максилл и перистых щетинок на экзоподитах максиллипед. На стадии зоза IV появляется зачаток мандибулярного щупика, а в составе скафогагатита второй пары максилл выделяется эпиподит.

На стадии глаукотоз экзоподиты максиллипед утрачивают локомоторную функцию - плавательный аппарат глаукотоз представлен хорошо развитыми плеоподами, поэтому, в отличие от зоза, глаукотоз плавает рострумом вперед. Общий план строения пищедобывательного аппарата глаукотоз соответствует таковому мальков, но конечности глаукотоз малы, а их щетиночное вооружение недостаточно развито (рис.1). Мандибулы глаукотоз не кальцинированы; жевательная поверхность мандибул гладкая, не снабжена зубцами; инцизивная и молярная части не выделяются; двучленистый мандибулярный щупик лишен каких-либо щетинок (рис. 1А). Эндиты максилл имеют лишь слабое щетиночное вооружение в виде зубчиков, функционально мало пригодное для обработки и удержания пищевых объектов; эндоподиты максилл лишены щетиночного вооружения (рис. 1Б,В). Первая и вторая пара максиллипед глаукотоз недоразвиты. Третья пара максиллипед хорошо развита, но не имеет зубчатого гребня, который у взрослых декапод-макрофагов играет важную роль при обработке пищи, совместно с мандибулами разрывая пищевые объекты (Kunze, Anderson, 1979).

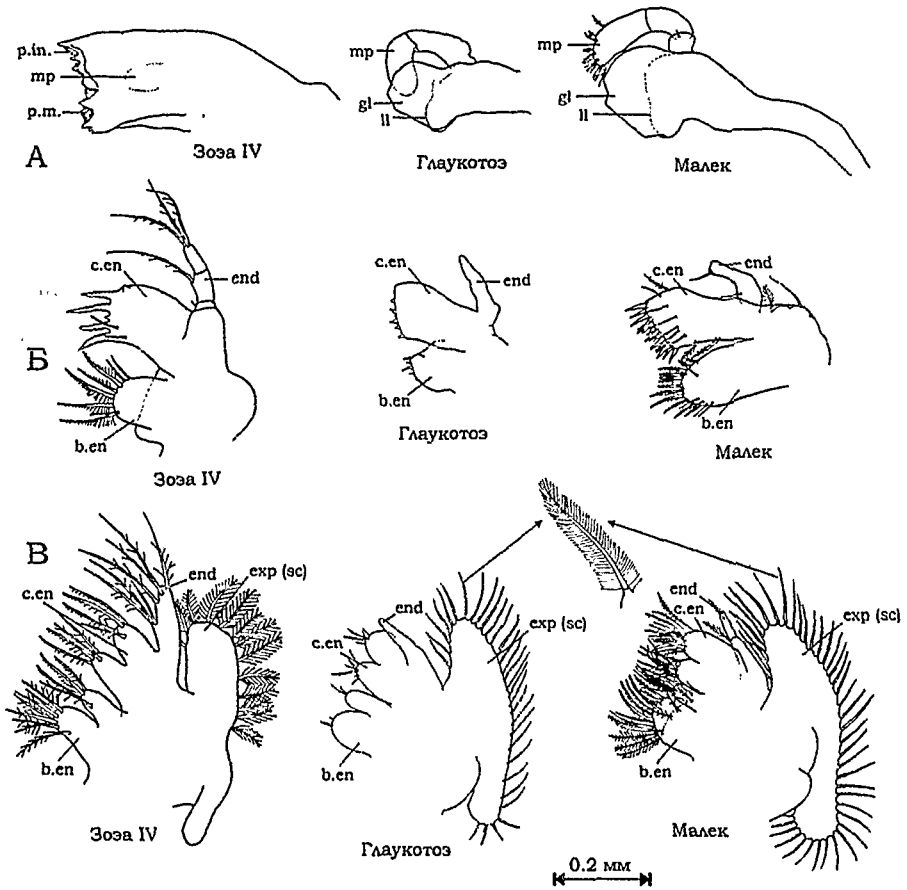


Рис. 1. Морфология конечностей пищедобывательного аппарата зола IV, глаукотоз и малька: А – мандибулы, Б – максиллы первой пары, В – максиллы второй пары.

Условные обозначения: *b.en.* – базальный эндит, *c.en.* – коксальный эндит, *end* – эндоподит, *exp* – экзоподит, *gl* – жевательная поверхность, *ll* – латеральная лопасть, *sc* – скафогнатит, *mp* – мандибулярный щупик, *p.in.* – инцизивный отросток, *p.m.* – молярный отросток.

Анализ строения пищеварительной системы показал, что в кардиальной части желудка зоа IV отсутствуют пластинки и зубцы желудочной мельницы, с помощью которых ракообразные измельчают крупные куски пищи (Иванов и др., 1983), и, по-видимому, основной функцией кардиальной части желудка зоа является перемешивание пищи. В клетках пищеварительной железы и передних дивертикулов средней кишки зоа IV найдены сферические структуры диаметром около 50 мкм, которые, по-видимому, являются липидными каплями.

У глаукотоз пищеварительная система упрощена по сравнению с зоа: в пилорической части желудка не только отсутствует желудочная мельница, но и фильтрационный пресс развит слабо, а на стенках желудка отсутствуют какие-либо щетинки или зубчики. Выросты пищеварительной железы и дивертикулы средней кишки значительно меньше по размеру, чем на стадии зоа, и в их клетках не обнаружены липидные капли. В то же время средняя кишка и главная доля пищеварительной железы удлинены и доходят приблизительно до 2-3 сегмента абдомена.

Глава 4. Экспериментальное изучение питания личинок

Науплии *Artemia sp.* наиболее часто применяются в аквакультуре для кормления личинок ракообразных. При создании технологии искусственного воспроизводства камчатского краба в лаборатории воспроизводства ракообразных ВНИРО в 2001-2004 гг. науплии артемии использовались в качестве основного корма для личинок и получения основных данных по росту и развитию личинок в искусственных условиях (Ковачева, 2000; Kovatcheva, 2001; Ковачева, Эпельбаум, 2003). Именно этим обусловлен выбор науплиев артемии как пищевого объекта для изучения количественных закономерностей питания личинок. Сырой вес науплиев, использованных в эксперименте, составил 0.026 мг, сухой вес - 0.0042 мг.

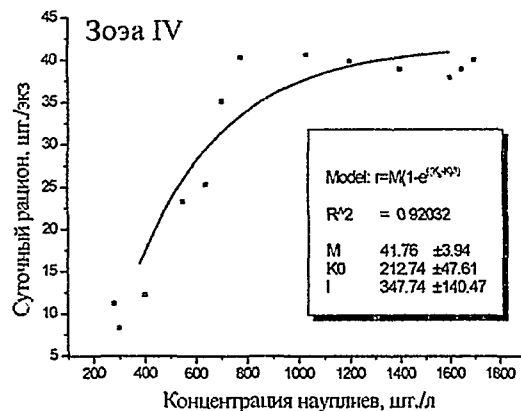
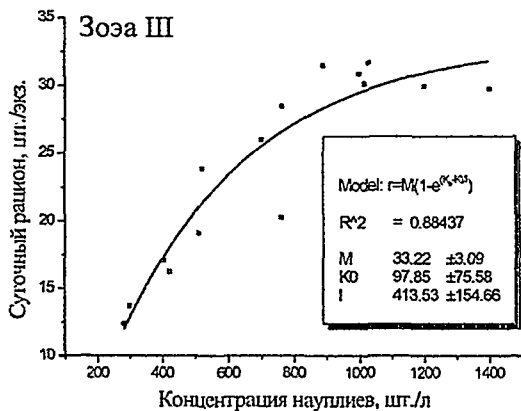
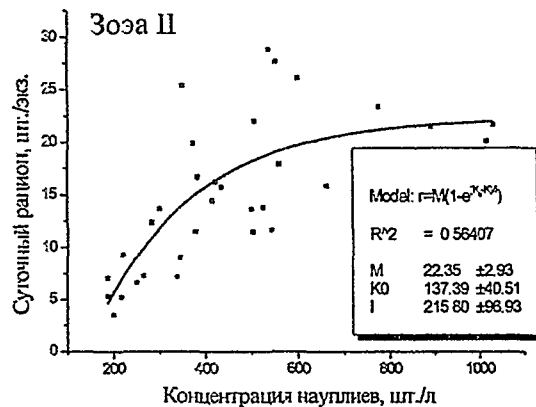
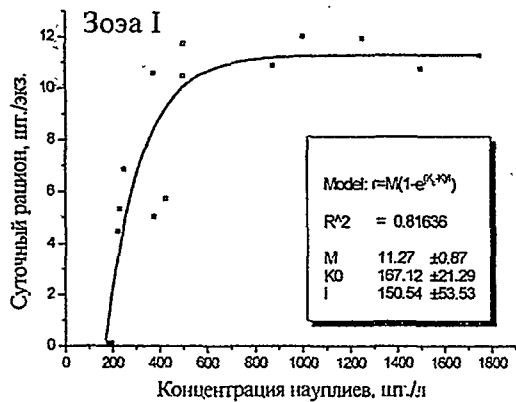


Рис. 2. Зависимость суточных рационов зоа I-IV от концентрации науплиев *Artemia sp.* в воде.

Результаты экспериментов по определению суточных рационов зоэа I-IV при кормлении науплиями *Artemia sp.* при температуре 7-8°C представлены на рис. 2.

Экспериментальные точки на графиках отражают величины суточных рационов, рассчитанные по уравнению [1]. Кривые, полученные аппроксимацией экспериментальных точек, стремятся к некоей предельной величине, которую Л.М. Сушеня (1973) назвал максимальным рационом (см. параметр М на рис. 2). Максимальный рацион отражает предельные возможности пищедобывательной деятельности животных в данных условиях; при высоких концентрациях пищи суточный рацион оказывается фактически равен максимальному (Сушеня, 1973). Рассчитанные нами максимальные суточные рационы личинок камчатского краба при температуре 8°C и начальные концентрации науплиев артемии в воде, необходимые для их обеспечения, или "начальный лимитирующий уровень пищи" (по: McMahon, 1965), приведены в таблице 1.

Таблица 1

Максимальные суточные рационы зоэа I-IV стадий и концентрации науплиев, необходимые для их обеспечения

Стадия	Максимальный суточный рацион (М)			Оптимальная начальная концентрация науплиев (К), шт./л
	шт./экз.	мг сырого веса/экз.	мкг сухого веса/экз.	
Зоэа I	11.3	0.294	47.46	400-600
Зоэа II	22.4	0.582	94.08	600-800
Зоэа III	33.2	0.863	139.44	800-1000
Зоэа IV	41.8	1.087	175.56	1000-1200

Таким образом, максимальные суточные рационы для зоэа I-IV оказались равны 11.3, 22.4, 33.2 и 41.8 шт./экз. в сутки, что составляет 34.2, 41.3, 43.2 и 40.7% от сырого веса личинки в сутки, соответственно.

В ходе наблюдения за личинками установлено, что для них не характерен направленный поиск корма – личинки захватывают лишь те пищевые объекты, что попадают в район их ловчего аппарата. Ф. Беркес при описании питания эвфаузиид назвал этот способ питания «encounter feeding», что можно приближенно перевести как «питание при столкновении с пищевым объектом» (Berkes, 1975). В соответствии с этим личинки камчатского краба, как и большинство планктонных ракообразных, способны выедать корм лишь до определенной концентрации, не равной нулю. Поэтому в уравнение расчета величины суточных рационов [2] введен параметр K_0 , который отражает «минимальную непотребляемую концентрацию пищевых частиц», т.е. концентрацию пищевых объектов, при которой выедание их данным видом животных прекращается (Сушения, 1973). Значения минимальной непотребляемой концентрации науплиев артемии для зоа I-IV приведены на рис. 2 (параметр K_0); в среднем для личинок этот параметр составляет около 160 науплиев на литр.

Для сравнения полученных результатов с литературными данными, мы рассчитали теоретические величины суточных рационов для зоа I-IV стадий по формуле с учетом веса особей [3], предложенной Л.М. Сушеной (1969) для класса ракообразных. Для зоа I суточный рацион, установленный экспериментально, оказался практически равен суточному рациону, рассчитанному теоретически. Однако для зоа II-IV экспериментально установленный рацион превысил теоретический на 48.3%, 66.0% и 66.5%, соответственно, что, по-видимому, обусловлено необходимостью накопления резерва питательных веществ для обеспечения энергией непитающейся стадии глаукотоз. Зависимость между весом и суточным рационом зоа I-IV по результатам наших экспериментов может быть описана следующим уравнением:

$$M = 1.1659W^{1.1673},$$

где W – вес личинки (г сырого веса); M – суточный рацион (г сырого веса/экз.).

В данной главе также приведены средние показатели роста (длина карапакса и рострума, сырой и сухой вес) и развития (продолжительность развития в сутках и градусо-днях) личинок при температуре 7-8°C и кормлении науплиями *Artemia sp.* по результатам экспериментов 2001-2004 гг.

Нами впервые исследована возможность кормления личинок камчатского краба сухими искусственными комбикормами. Возможность применения стартовых искусственных кормов особенно важна для наиболее уязвимых, ранних стадий развития – зоа I и II. После прохождения стадии зоа I наиболее высокая выживаемость наблюдалась при кормлении стартовыми комбикормами Start 300 и Start 100 - 71.4% и 68.0%, соответственно, в то время как при кормлении науплиями *Artemia sp.* выживаемость составила 24.8%. При внесении указанных кормов в сочетании с науплиями *Artemia sp.* выживаемость оказалась существенно ниже – 41% и 35.5%, соответственно; по-видимому, это объясняется ухудшением гидрохимического режима (повышением содержания аммония и нитратов в воде с 0.01 и 1.00 до 0.26 и 1.9 мг/л, соответственно. После прохождения стадии зоа II наилучшая выживаемость личинок наблюдалась в экспериментах со стартовым кормом Start 300, причем корм Start 300 оказался в 2.2 раза эффективнее по сравнению со Start 100 и в 2.6 раза эффективнее по сравнению с науплиями *Artemia sp.* (выживаемость составила 52.5%, 23.5% и 20%, соответственно). При использовании кормов серии Wean Ex как отдельно, так и в сочетании с науплиями артемии выживаемость зоа I не превысила 25%, а зоа II – 18%. Из отрицательных особенностей комбикормов как серий Start и Wean-Ex следует отметить, что они лишь порядка 60-120 минут держатся в толще воды, а после оседания прилипают ко дну экспериментальных емкостей.

Глава 5. Обсуждение результатов исследований

Основываясь на данных морфологического анализа и наблюдениях за движением и питанием личинок можно представить следующий механизм функционирования их пищеводобывательного аппарата. Эндоподиты максиллипед составляют основу ловчего аппарата личинки. Мелкозубчатые щетинки, направленные к медиовентральной линии, по-видимому, отвечают за захват и удержание добычи, а хохлатые щетинки, направленные орально, отвечают за передачу пищи максиллам. Перисто-зубчатые щетинки на эндитах второй пары максилл и зубчатые щетинки на коксальном эндите первой пары максилл, очевидно, служат для фиксации добычи и передачи ее в ротовой отдел. Базальные эндиты первой пары максилл вооружены шиповидными щетинками, расположенными параллельно плоскости инцизивных отростков мандибул. Исходя из строения, можно предположить, что эти щетинки совместно с инцизивными отростками мандибул осуществляют первичную обработку грубой пищи. Мандибулы играют основную роль в разрывании и измельчении пищи. Парагнаты, работу которых трудно наблюдать визуалью из-за небольших размеров особей, предположительно предотвращают потери пищевых частиц при измельчении пищи мандибулами. Верхняя губа движется между мандибулами, по-видимому, способствуя всасыванию пищи наряду с сокращениями кардиального отдела желудка. Эти функция парагнат и верхней губы отмечены для омара *Homarus gammarus* (Barker, Gibson, 1977; Robertson, Laverack, 1979). В целом, морфологический анализ позволяет сделать заключение о том, что личинки имеют пищеводобывательный аппарат грасперного типа.

Оральная составляющая циркуляции, создаваемой экзоподитами максиллипед при движении личинки, может рассматриваться как пищеприносающий ток, направленный сзади в сторону верхней губы параллельно медиовентральной линии тела. При активном движении зоа

пищевые объекты захватываются пищепринносящим током и попадают в район ловчего аппарата. При неподвижных экзоподитах личинка пассивно опускается вниз и наплывает на пищевые объекты. Таким образом, можно выделить «активный» и «пассивный» способы захвата пищи. По-видимому, «активный» способ захвата пищи наиболее эффективен в случае небольших объектов, которые не могут противостоять силе пищепринносящего тока. При захвате крупных пищевых объектов, соизмеримых с величиной самой личинки, и захвате частиц со дна более эффективен «пассивный» способ. В обоих случаях пищевой объект, попавший в район ловчего аппарата, захватывается эндоподитами максиллипод.

Н.В. Вышкварцева (1977) в работе, посвященной функционированию ротового комплекса и питанию рода *Calanus*, рассматривает способ питания рачков, при котором добыча сначала подгоняется токами воды в предротовую область, а затем захватывается загребующими движениями конечностей, как комбинированный. По нашему мнению, «активный» способ питания личинок камчатского краба также можно назвать комбинированным.

Наблюдения в аквариальных условиях, морфологический анализ и сравнительный анализ строения пищеварительной системы личинок и глаукотоз доказали, что глаукотоз не питается. Конечности и пищеварительная система глаукотоз малоприспособлены для обработки пищи. По-видимому, липидные капли, накопленные в клетках пищеварительной железы и дивертикулов средней кишки в ходе личиночного периода, обеспечивают эндогенное питание глаукотоз. Средняя кишка глаукотоз и прилегающая к ней главная доля пищеварительной железы существенно длиннее, чем на стадии зоза, в результате чего увеличивается площадь поверхности, где происходит контакт между пищеварительной железой и гемолимфой, что, по-видимому, приводит к более эффективному обеспечению глаукотоз метаболической энергией. В ходе экспериментов нами зарегистрировано замедление роста камчатского краба при переходе со стадии глаукотоз на

первую ювенильную стадию. Так, при средней длине карапакса глаукотоз 2.02 ± 0.025 мм ювенильные особи первой стадии имели среднюю длину карапакса 2.05 ± 0.012 мм, т.е. прирост составил лишь 1.5% (в ходе личиночного периода максимальный прирост длины карапакса за стадию составил 14.1% - при переходе со стадии зоза I на стадию зоза II). Данные о замедлении роста при переходе на первую ювенильную стадию хорошо согласуются с данными об афагии глаукотоз. Исходя из вышесказанного, при содержании в искусственных условиях глаукотоз кормить не следует.

На основании результатов экспериментов по определению количественных закономерностей питания выведен и обоснован ряд практических рекомендаций по кормлению зоза I-IV науплиями *Artemia sp.* при содержании в искусственных условиях, в том числе приведена формула для расчета расхода науплиев артемии на одно кормление (см. Практические рекомендации).

Содержание личинок камчатского краба в системах с замкнутым циклом водоиспользования при температуре $7-8^{\circ}\text{C}$ и кормлении науплиями *Artemia sp.* в соответствии с указанными рекомендациями позволяет значительно сократить продолжительность личиночного развития по сравнению с таковой в естественной среде. Так, продолжительность развития личинок камчатского краба у западного Сахалина в 1991, 1994 и 1999 гг. составила 73-79 суток (Клитин, 2002). В ходе проведенных нами лабораторных исследований продолжительность личиночного периода в среднем составляла 39 суток. При этом наши данные по сумме эффективных температур, необходимой для развития личинок (290-325 градусо-дней) в целом совпадают с данными других лабораторных и полевых исследований (Marukawa, 1933; Nakanishi, 1987; Клитин, 2002 и др.). Следовательно, период развития в лабораторных условиях при температуре 8°C и кормлении науплиями *Artemia sp.* короче, чем в естественной среде, в 1.7-2.3 раза.

Установленная нами зависимость между величиной суточного рациона и весом тела личинок камчатского краба позволяет рассчитать расход корма при содержании личинок в искусственных условиях, в том числе и при использовании кормов других типов, а также открывает определенные возможности для анализа трофической роли личинок в природных экосистемах.

Результаты проведенных нами экспериментов показали принципиальную возможность использования сухих комбикормов Start 100 и Start 300 для кормления зоэа I и II стадий. При использовании этих кормов продолжительность развития и скорость роста личинок соответствовали средним показателям, полученным в ходе многолетних экспериментов при использовании науплиев *Artemia sp.*. В то же время следует отметить, что корма серии Start держатся в толще воды порядка 2 часов, после оседания прилипают ко дну емкостей, а через сутки после внесения корма Start 300 из расчета 50 мг/л содержание аммония в воде повышается до 0.26 мг/л, что приближается к верхней границе допустимого уровня содержания аммония для личинок морских декапод (Jayasankar, Muthu, 1983; Zou, Gao, 1994; Zhao et al., 1997). В связи с этим мы считаем, что кормить личинок искусственными кормами Start 100 и Start 300 целесообразно только в тех случаях, когда использование живого корма по какой-либо причине невозможно. При этом следует кормить личинок не реже 3-4 раз в сутки и 2-3 раза в сутки как можно более тщательно производить чистку дна выростных емкостей. Возможность применения искусственных кормов является важным элементом в создании технологии искусственного воспроизводства камчатского краба, поскольку позволяет гарантированно производить кормление при отсутствии живого корма, а также практически исключает риск заноса в выростные емкости возбудителей различных инфекций. В связи с этим мы считаем, что важно продолжить исследования в направлении разработки и оптимизации комбикормов для кормления личинок камчатского

краба. На основании проведенных нами экспериментов можно сделать заключение о том, что для оптимизации кормов Start 100 и Start 300 для кормления личинок камчатского краба следует, прежде всего, повысить плавучесть этих кормов. Соответствующее заключение направлено нами в исследовательский центр компании-производителя кормов серии Start (Dana Feed, Дания) в качестве рекомендации.

ВЫВОДЫ

1. У презоза камчатского краба конечности пищедобывательного аппарата имеют недоразвитое щетиночное вооружение и покрыты эмбриональной оболочкой. Презоза не питается.
2. Личинки камчатского краба (зоа I-IV стадий) имеют пищедобывательный аппарат грасперного типа и используют комбинированный способ питания. Локомоторную и пищевую циркуляцию обеспечивают экзоподиты максиллипод; основу ловчего аппарата составляют эндоподиты максиллипод; максиллярный отдел служит для фиксации и передачи пищи в ротовой отдел; функцией ротового отдела является первичная обработка грубой пищи.
3. Пищеварительная система у зоа I-IV стадий полностью развита и соответствует описанию, сделанному Ф. Аbruнозой и Х. Киттака (Abrunhosa, Kittaka, 1997a, b).
4. На стадии глаукотоз пищедобывательный аппарат и пищеварительная система развиты слабо.
5. Глаукотоз камчатского краба не питается. Предположительный источник метаболической энергии глаукотоз - липидные капли, накопленные в пищеварительной железе в ходе личиночного периода.
6. При кормлении личинок камчатского краба науплиями *Artemia sp.* суточные рационы зоа I-IV стадий составляют 47.46, 94.08, 139.44 и 175.56 мкг сухого веса на экземпляр в сутки, соответственно.

7. Зависимость между весом тела личинок и их суточным рационом можно рассчитать по следующей формуле:
 $M = 1.1659W^{1.1673}$, где W – вес личинки (г сырого веса); M – суточный рацион (г сырого веса/экз.).
8. Для кормления зоэа I стадии можно использовать сухие корма Start 100 и Start 300, для кормления зоэа II стадии - Start 300 (Dana Feed, Дания). Комбикорма следует вносить 3-4 раза в сутки из расчета 50 мг/л и не реже 2-3 раз в сутки производить чистку дна выростных емкостей.
9. Для того, чтобы оптимизировать корма Start 100 и Start 300 для личинок камчатского краба, разработчикам (Dana Feed, Дания) можно порекомендовать проведение работ в направлении повышения плавучести указанных кормов.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по кормлению личинок и глаукотэоэ камчатского краба в искусственных условиях при температуре воды 8°C

1. При кормлении личинок камчатского краба науплиями *Artemia sp.*:
- 1.1 Кормление целесообразно проводить два раза в сутки с интервалом в 12 часов, начиная с первого дня выклева.
- 1.2. Количество науплиев артемии на одно кормление (X) можно рассчитать для каждой стадии (зоэа I-IV) по следующей формуле:
 $X = V(MN/2w + 160)$, где
 X – расход науплиев на одно кормление, шт;
 V – объем выростной емкости, л;
 M – максимальный суточный рацион, составляющий для зоэа I-IV 47.46, 94.08, 139.44 и 175.56 мкг сухого веса на экземпляр, соответственно;

N – плотность посадки личинок, экз./л;

w – сухой вес одного науплия, мкг;

2 – константа;

160 – константа.

1.3. Ежедневно перед первым кормлением следует производить чистку дна выростных емкостей.

2. При отсутствии науплиев *Artemia sp.* можно использовать следующие комбикорма:

- на стадии зоэа I стартовый корм Start 100 и/или Start 300,

- на стадии зоэа II стартовый корм Start 300 (Dana Feed, Дания).

Комбикорма следует вносить 3-4 раза в сутки из расчета 50 мг/л, и не реже 2-3 раз в сутки производить чистку дна выростных емкостей.

3. Глаукотоз следует содержать без пищи.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Эпельбаум А.Б. Афагия глаукотоз камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) // VI Всероссийская конференция по промысловым беспозвоночным: Тезисы докладов. – М.: Изд-во ВНИРО, 2002. С. 67-69.

Ковачева Н.П., Нургор Х., Эпельбаум А.Б., Борисов Р.Р. Российско-норвежские перспективы развития аквакультуры камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) на Баренцевом море // Материалы Междунар. симпоз. «Холодноводная Аквакультура: старт в 21 век».- М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. С.54-55.

Эпельбаум А.Б., Ковачева Н.П. Исследование рационов личинок камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) при культивировании в установках с замкнутым циклом водообеспечения // Докл. и тез. междунар. симпоз. «Холодноводная аквакультура: старт в 21 век».- М.: ФГНУ

«Росинформагротех», 2003. С. 182-183.

Kovatcheva N., Epelbaum A. Study on the early development of laboratory reared red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in a recycling water system // Extended Abstract and Short Communications, Aquaculture Europe 2003, EAS Special publication № 33, 2003. P. 231-232.

Ковачева Н.П., Эпельбаум А.Б. Рост камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) на ранних стадиях онтогенеза в искусственных условиях и в естественной среде // Донные экосистемы Баренцева моря: Труды ВНИРО / Под. Ред. В.И. Соколова. –М.: Изд-во ВНИРО, 2003. Т. 142. С. 135-143.

Ковачева Н.П., Борисов Р.Р., Жигин А.В., Калинин А.В., Эпельбаум А.Б. опыт содержания производителей, получения потомства и подращивания молоди камчатского краба в замкнутых системах // Материалы II Международной научно-практической конференции «Человек и животные». – Астрахань: Изд. дом «Астраханский Университет», 2004. С. 203-205.

Kovatcheva N.P., Borisov R.R., Epelbaum A.B., Kalinin A.V. The status of red king crab stocks in the Far Eastern Seas and their recovery by way of aquaculture // Abstracts of North Pacific Marine Science Organization XIII Annual Meeting. Honolulu, Hawaii, USA, 2004. P. 203.

Ковачева Н.П., Калинин А.В., Борисов Р.Р., Эпельбаум А.Б. Биотехнические основы воспроизводства камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в системах с замкнутым циклом водоиспользования // Тезисы докладов научно-практической конференции «О приоритетных задачах рыбохозяйственной науки в развитии рыбной отрасли России до 2020 года». - М.: Изд-во ВНИРО, 2004. С. 121-122.

Ковачева Н.П., Эпельбаум А.Б., Калинин А.В. Личиночное развитие камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) при искусственном культивировании // Проблемы репродукции и раннего онтогенеза морских гидробионтов. Тезисы докладов международного научного семинара. -Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2004. С. 56-59.

Эпельбаум А.Б., Ковачева Н.П. Использование различных кормов при искусственном выращивании личинок камчатского краба // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: материалы V научной конференции. -Петропавловск-Камчатский: Изд-во «Камчатпресс», 2004. С. 200-203.

Epelbaum A.B., Kovatcheva N.P. Daily food intakes and optimal food concentrations for red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) larvae fed *Artemia* nauplii under laboratory conditions // Aquaculture Nutrition (in press).



Подп. в печать 22.12.04 Объем 9,5 п.л. Тираж 100 экз. Заказ 99

ВНИРО. 107140, Москва, В. Красносельская, 17

РНБ Русский фонд

2007-4

17561