

УДК 595.384

Рост камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) на ранних стадиях онтогенеза в искусственных условиях и в естественной среде

Н.П.Ковачева, А.Б.Эпельбаум (ВНИРО)

Comparison of development and growth of early life stages of the red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in the process of artificial rearing and in nature

N.P. Kovatcheva, A.B. Epelbaum (VNIRO)

This investigation is the first attempt to compare the development and growth of the early stages of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) in natural conditions and in the process of artificial rearing and to evaluate the effect of water temperature on the development and growth from embryo to juvenile crabs (instar III). Females of the red king crab carrying eggs were caught in Ura Guba inlet of the Barents sea. Experiments were held in the laboratory of crustacean reproduction of VNIRO in 2001–2002. Development periods, the number of cumulative degree-days required for each stage and growth rates were determined in the process of artificial rearing. The results were compared with the literature data on the development and growth of the early stages of the red king crab in artificial and natural conditions (in the Barents sea and the western coast of Sakhalin). The proofs were obtained of the possibility to increase growth rates without the adverse impact on survival rate by increasing water temperature in the process of artificial rearing of the red king crab.

Ранние периоды онтогенеза являются ключевыми в формировании численности популяций. Развитие и рост особей в эти периоды происходят в соответствии с условиями окружающей среды (экологическая емкость для природных популяций, условия выращивания в аквакультуре). Следовательно, характеристики раннего развития и роста могут служить критериями состояния популяции. В условиях аквакультуры возможно осуществлять значительное воздействие на ход онтогенеза в зависимости от решаемых задач (пастбищное, товарное выращивание, получение посадочного материала и т.д.).

Одним из важнейших видов промысловых ракообразных является камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815). Депрессивное состояние его запасов на Дальнем Востоке, успешная акклиматизация в Северном бассейне и последовавшая за ней активизация промысла вызывают необходимость разработки биотехнологии искусственного разведения. Конкретные решения задач биотехнических этапов напрямую зависят от физиологической нормы, в частности развития и роста. Собственно в возможности направленного изменения этих показателей раннего онтогенеза без нарушения его полноценности и состоит задача разработчиков биотехнологии искусственного разведения камчатского краба.

В этой связи была выполнена настоящая работа, целью которой является изучение развития и роста камчатского краба на ранних стадиях его жизни в искусственных условиях (замкнутый цикл водоснабжения), а также влияния темпера-

туры на продолжительность развития и соматический рост от эмбриона до третьей мальковой стадии.

Первые специализированные планктонные съемки в Баренцевом море, направленные на сбор личинок камчатского краба, были начаты сотрудниками ПИНРО в апреле – июне 1995 г. в прибрежье Кольского полуострова от Варангер-фьорда до мыса Святой Нос (Баканев, Кузьмин, 1999).

В последующие годы были исследованы особенности личиночного периода жизни камчатского краба, сроки выклева личинок, их распределение и численность, скорость развития и размеры на разных стадиях развития, длительность пелагического периода в условиях Баренцева моря (Баканев, Кузьмин, 1999; Матюшкин и др., 2000; Беренбойм, 2001).

Подобные исследования были проведены на шельфе Западного Сахалина сотрудниками СахНИРО (Клитин, 2002).

В аквариальных условиях в целях изучения биологии камчатского краба на ранних стадиях онтогенеза, начиная с 1930-х годов, было проведено множество экспериментов (Marukawa, 1933; Sato, Tanaka, 1949; Kurata, 1959, 1960, 1964; Зубкова, 1964; Орлов, 1965; Казаев, 1995).

В 1960-е гг. были проведены лабораторные эксперименты с взрослыми половозрелыми особями камчатского краба, доставленными в аквариальную ММБИ с Дальнего Востока. Задача состояла в наблюдении за развитием икры, выведением из нее личинок и получением данных о первых личиночных стадиях (Зубкова, 1964).

В проточных аквариумах и морских плавучих садках в Приморье А.П. Казаев (1955) исследовал влияние температуры на метаморфоз личинок и рост молоди камчатского краба. В аквариальных условиях норвежские ученые изучали рост, выживаемость и питание мальков баренцевоморского камчатского краба (Mortensen, Damsgard, 1996).

До настоящего момента изучение акклиматизированного камчатского краба на ранних стадиях онтогенеза в России не проводилось. Особенно актуальным является изучение продолжительности развития и темпа роста акклиматизанта после длительного периода его адаптации к абиотическим и биотическим условиям среды Баренцева моря.

Материал и методика

Экспериментальные работы проводили в 2001–2002 гг. в аквариальной ВНИРО. Материалом для настоящего исследования послужило потомство от самок камчатского краба с икрой на стадии «глазка», отловленных на акватории Ура губы Баренцева моря 23 марта 2001 г. и 22 марта 2002 г. После отлова самки камчатского краба были доставлены на берег в живорыбном трюме и сразу загружены в ящик для транспортировки. По прибытии в Москву самки были помещены в установку объемом 1 м³ с замкнутой системой водоснабжения (ВВЦ, г. Москва).

В раннем онтогенезе камчатского краба выделяют четыре планктонные стадии зоеа, последовательно сменяющие друг друга после очередной линьки (ZI, ZII, ZIII, ZIV), послеличиночный период – глаукотоз (G1) и мальковый период ранних ювенальных стадий (CI, CII, CIII и т.д.). Подращивание личинок и молоди проводили в двух 200-литровых аппаратах типа «акватрон», размещенных в аквариальной ВНИРО. Использовали морскую воду соленостью 32 ‰, приготовленную на основе искусственной морской соли фирмы «SERA» (Германия). В качестве корма для личинок применяли науплии жаброногого рачка *Artemia salina*. Мальков кормили один раз в сутки измельченным мясом креветок и живыми личинками двукрылых сем. Chironomidae. В ходе эксперимента 2001 г. выращивали личинок при температуре воды от 8.7 до 12.2°C, а в 2002 г. – от 6.2 до 11.0°C. Выращивание послеличинок (глаукотоз) и мальков проводили при температуре 12–14°C.

В процессе экспериментов определяли продолжительность развития каждой стадии (в сутках), а также оценивали сумму эффективных температур, необходимую для завершения периода развития каждой стадии (в градусоднях).

Каждые 2–3 дня особей фиксировали по методике японских исследователей (Konishi, Quintana, 1987) для определения стадии развития, морфологических особенностей и темпов роста. В периоды между линьками у членистоногих не меняются линейные размеры панциря, а после линек они резко увеличиваются (Мина, Клевезаль, 1976). В соответствии с этим темпы роста личинок, послеличинок и мальков краба определяли по изменению длины карапакса после линек и перехода к очередной стадии развития. У зоэа определяли длину карапакса (CL), измеряя расстояние между основанием роострума и задним краем карапакса без учета шипов и длину роострума (RL) в соответствии с методикой японских исследователей (Sato & Tanaka, 1949). У глаукотэз и мальков определяли длину (CL) и ширину (CW) карапакса (рис. 1). Были измерены по 30 зоэа каждой стадии развития и по 10 экз. глаукотэз и мальков I–II стадий.

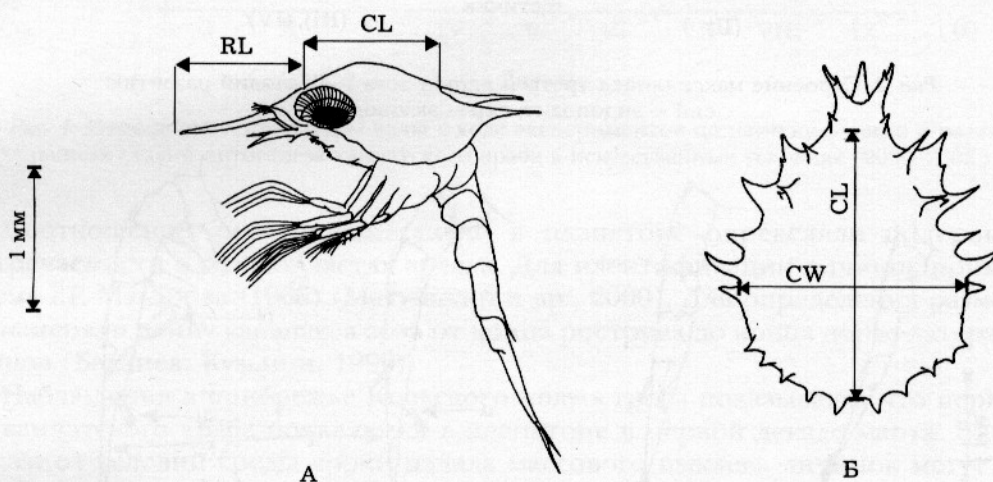


Рис. 1. Схема измерения карапакса зоэа (А), глаукотэз и мальков (Б): CL — длина карапакса; CW — ширина карапакса; RL — длина роострума

Результаты и их обсуждение

Определение стадий развития личинок

Морфологические различия личинок крабов подотряда Anomura описаны Сато (Sato, 1958) и Р.Р. Макаровым (1966). На основании этих данных В.С. Левин (2001) выделил отличительные признаки I–IV стадий зоэа камчатского краба. В данной работе мы приводим более полную и несколько модифицированную нами схему для определения стадий зоэа *Paralithodes camtschaticus* (табл. 1). В соответствии с данными Р.Р. Макарова для определения стадий развития зоэа учитывали наличие плеопод и уропод, а также обособленность тельсона (рис. 2). Кроме того, зоэа I–III хорошо различаются по строению и щетиночному вооружению экзоподитов максиллипод третьей пары (рис. 3).

Таблица. 1. Отличительные признаки зоэа камчатского краба разных стадий развития

Стадия	Число щетинок на экзоподите максиллипод III	Плеоподы	Уроподы	Тельсон
Зоэа I	0	Нет	Нет	Не отделен от абдомена
Зоэа II	6	—»—	—»—	То же
Зоэа III	8	—»—	Есть	Отделен от абдомена
Зоэа IV	8	Есть	—»—	То же

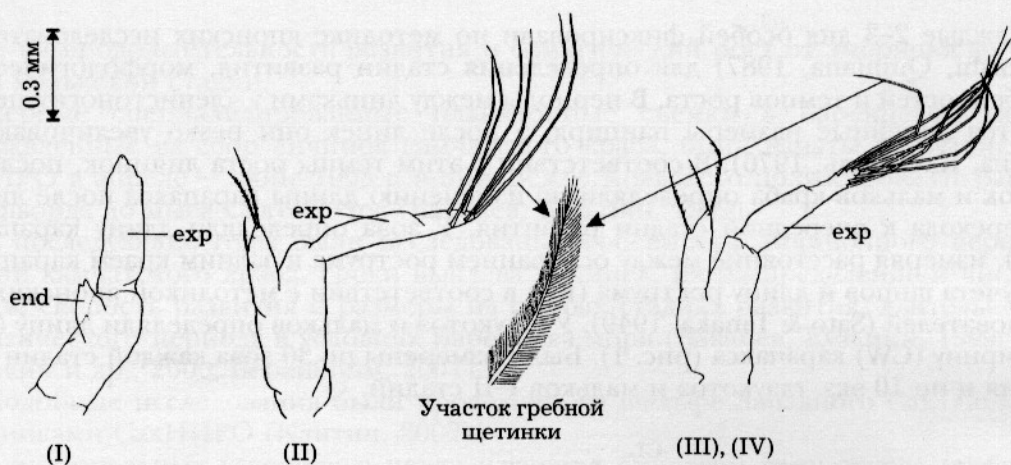


Рис. 2. Строение максиллипед третьей пары у зоа I–IV стадий развития: end – эндоподит; exp – экзоподит

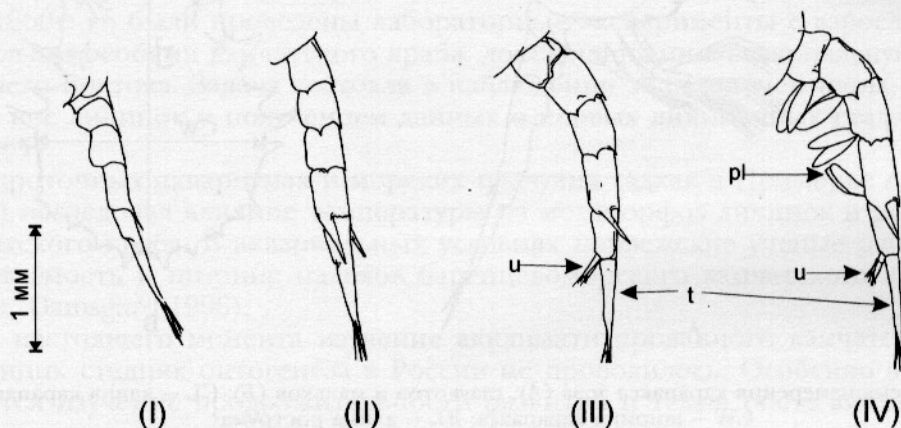


Рис. 3. Строение абдомена у зоа I–IV стадий развития: pl – плеопод; t – тельсон; u – уропод

Воздействие температуры воды на продолжительность личиночного периода

В 2001 г. выклев личинок начался через 7–10 сут (30.03.–02.04), в 2002 г. – через 1–4 сут. (24.03.–26.03.) после транспортировки самок. У всех самок камчатского краба выклев происходил в течение 3–5 суток. В связи с этим в 2001 г. было возможно провести предварительную передержку самок краба и их адаптацию к новым температурным условиям (постепенное повышение температуры с 4 до 8°C). В 2002 г. выклев произошел при температуре 4°C без адаптивного периода. Причиной более раннего выклева личинок в 2002 г., очевидно, послужила температурная аномалия воды в Ура губе в течение зимы и весны 2002 г. (по устным сообщениям сотрудника ПИНРО, средние температуры воды были выше нормы на 0.3 °C в январе, на 0.4 °C в феврале и на 0.5 °C в марте).

Изменение температуры воды в ходе экспериментов 2001–2002 гг. представлено на рис. 4.

В 2001 г. в условиях эксперимента для завершения личиночного периода развития потребовалось 32 дня, или 298 градусо-дней (ZI – 67; ZII – 64; ZIII – 75; ZIV – 92). В 2002 г. личиночный период развития прошел за 43 дня, или 322.5 градусо-дня (ZI – 97.5; ZII – 75; ZIII – 75; ZIV – 75).

Исследования личинок в естественной среде обитания в Баренцевом море сотрудники ПИНРО проводили в ходе планктонных съемок, направленных на сбор личинок камчатского краба, в апреле – июне 1996–1999 гг. (Беренбойм, 2001).

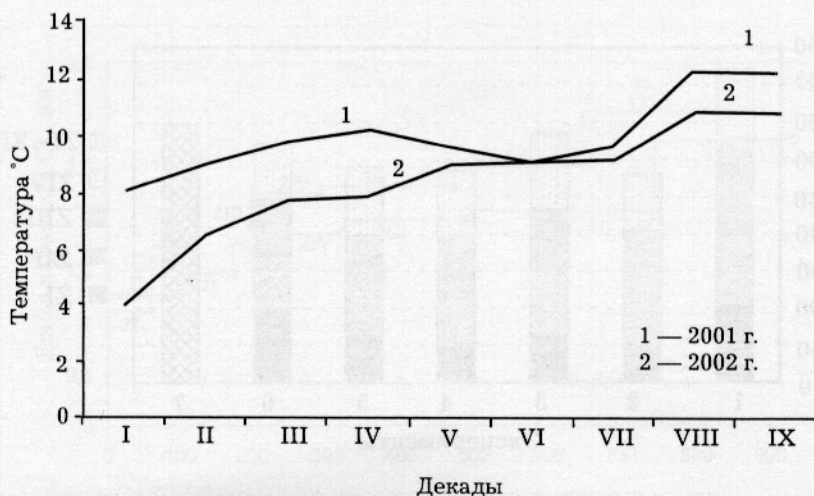


Рис. 4. Изменение температуры воды в ходе экспериментов по изучению роста и развития ранних стадий онтогенеза камчатского краба в искусственных условиях (2001–2002 гг.)

Соотношение личиночных стадий в планктоне определяли по срокам их встречаемости в разных частях ареала. Для идентификации личинок применяли схему Р.Р. Макарова (1966) (Матюшкин и др., 2000). Для определения размера зоэа измеряли длину карапакса зоэа от конца рострума до конца дорзо-латеральных шипов (Баканев, Кузьмин, 1999).

Наблюдения в прибрежье Кольского полуострова показывают, что первые зоэа камчатского краба появляются в планктоне в первой декаде марта. В зависимости от условий среды сроки начала массового выклева личинок могут различаться на месяц — с начала марта до начала апреля. Завершение личиночного периода онтогенеза приходится на вторую половину июня, т.е. личинки краба в условиях Баренцева моря встречаются в планктоне в течение 80–110 дней (Баканев, Кузьмин, 1999; Беренбойм, 2001). В указанных работах отсутствуют данные по сумме температур, необходимой для завершения личиночного периода.

Продолжительность развития личинок у побережья Западного Сахалина сотрудники СахНИРО оценивали по встречаемости личинок разных стадий развития (Клитин, 2002). Определение личинок крабов и их возрастных стадий проводили по работам Р.Р. Макарова (1966) и Кураты (Kurata, 1964).

Разница в сроках встречаемости личинок камчатского краба в планктоне у юго-западного и юго-восточного побережий Сахалина, по данным А.К. Клитина, (2002) составляет 30–35 сут. и сохраняется вплоть до их оседания. Продолжительность развития пелагических личинок камчатского краба у западного Сахалина в 1991, 1994 и 1999 гг. составила 73–79 сут. (Клитин, 2002).

Наши данные по сумме эффективных температур, необходимой для развития личинок, в целом совпадают с данными других лабораторных и полевых исследований (рис. 5). Согласно данным Марукавы (Marukawa, 1933), сумма эффективных температур, необходимая для развития зоэа камчатского краба, составляет 422 градусо-дня, по данным Шимицу (Shimizu, 1939) — 282, Сато и Танаки (Sato, Tanaka, 1949) — 337, Наканиши (Nakanishi, 1987) — 285.5, Клитина (2002) — 350 градусо-дней. При этом в ходе наших экспериментов достигнуто значительное сокращение личиночного периода по сравнению с данными указанных исследователей (рис. 6). По нашим данным, личиночный период развития проходит за 32–43 дня. Следовательно, по сравнению с личиночным периодом в природных условиях нами достигнуто его сокращение в 1.8–2.5 раза.



Рис. 5. Сумма температур, необходимая для личиночного развития камчатского краба (литературные и экспериментальные данные): 1 – Marukawa, 1933; 2 – Shimizu, 1936; 3 – Sato&Tanaka, 1949; 4 – Nakanishi, 1987; 5 – экспериментальные данные, 2001 год; 6 – экспериментальные данные, 2002 г.; 7 – данные по развитию личинок в природе (Клитин, 2002)

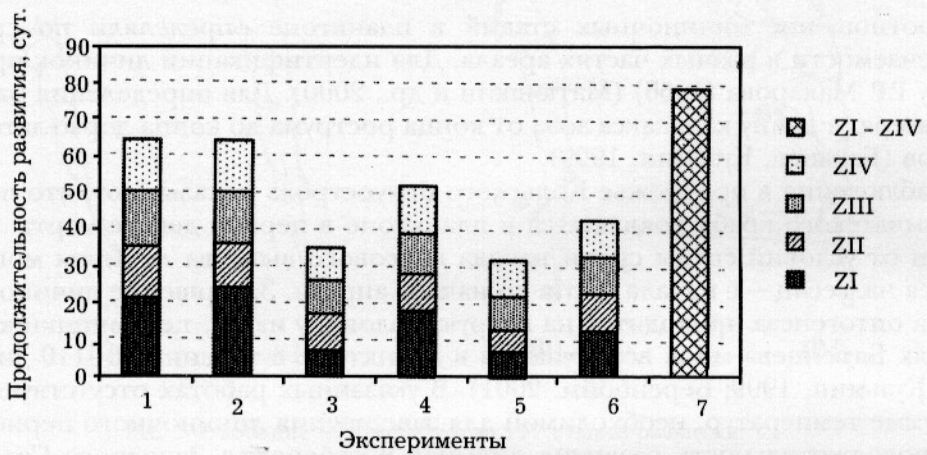


Рис. 6. Продолжительность личиночного развития камчатского краба (литературные и экспериментальные данные). Обозначения, как на рис. 5

Воздействие температуры воды на рост личинок, послеличинок и мальков камчатского краба в условиях эксперимента

В ходе эксперимента был исследован рост от момента выклева зоеа I до третьей мальковой стадии (табл. 2). В 2001 г. на развитие до третьей мальковой стадии потребовалось 816 градусо-дней, в 2002 г. – 934.5 градусо-дня.

Динамика роста личинок, глаукотое и мальков показана на рис. 7.

Таблица 2. Рост личинок камчатского краба в условиях эксперимента, мм

Стадия	2001 г.			2002 г.		
	CL	Стандартное отклонение	RL	CL	Стандартное отклонение	RL
ZI	1,12	0,008	1,03	1,28	0,025	1,22
ZII	1,73	0,024	1,33	1,46	0,023	1,46
ZIII	1,91	0,025	1,72	1,77	0,020	1,54
ZIV	2,21	0,020	2,25	1,87	0,025	1,66

Примечание. Приведены средние показатели роста.

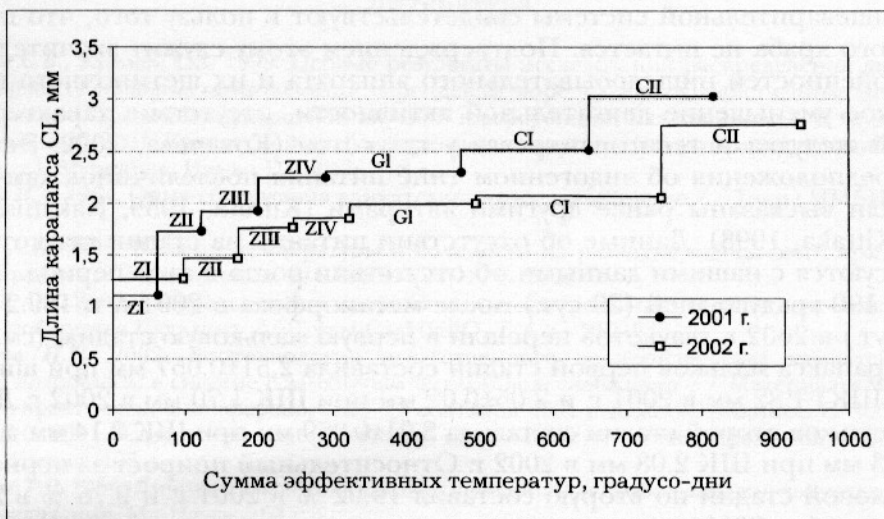


Рис. 7. Динамика роста и развития ранних стадий онтогенеза камчатского краба в искусственных условиях (2001–2002 гг.)

В 2001 г. после прохождения всех личиночных стадий прирост карапакса личинок составил 97%, при этом наибольший прирост был отмечен при переходе зоэа I в зоэа II — 54,5%. В 2002 г. прирост карапакса за весь личиночный период развития составил 46,1%. При этом самый низкий темп роста в том же году (5,08%) отметили при переходе зоэа III в зоэа IV (см. табл. 2). Наши данные по росту личинок в 2002 г. приблизительно совпадают с данными Наканиши с соавторами (Nakanishi et al., 1974): в лабораторных условиях при продолжительности личиночного периода развития 286 градусо-дней прирост карапакса личинок составил 49%. Другие данные по росту личинок камчатского краба в искусственных условиях с указанием продолжительности развития в градусо-днях в литературе отсутствуют.

Единственные литературные данные о размерах зоэа камчатского краба в естественных условиях в Баренцевом море представлены С.В. Баканевым и С.А. Кузьминым (1999). Однако эти исследователи измеряли длину карапакса зоэа как расстояние от конца рostrума до конца задних оттянутых назад краев карапакса (дорзо-латеральных шипов). По нашим данным, длина рostrума и дорзо-латеральных шипов карапакса зоэа значительно варьирует. В связи с этим представляется невозможным напрямую сопоставить наши данные с данными этих исследователей.

При анализе динамики роста ранних стадий онтогенеза камчатского краба привлекает внимание замедление роста при переходе со стадии зоэа IV в стадию глаукотоз (см. рис. 7). Это подтверждает данные других авторов по снижению интенсивности обмена веществ и отсутствию роста в этот период раннего онтогенеза камчатского краба (Nakanishi, 1987; Stevens, Kittaka, 1998). Происходящая трансформация из активной планктонной фазы в менее активную донную форму жизни связана с глубокой физиологической перестройкой организма, которая также сопровождается повышенной смертностью (Stevens, Kittaka, 1998, Ковачева, 2002). В наших экспериментах 2001–2002 гг. при переходе зоэа IV в глаукотоз смертность составила 17 и 10% соответственно.

Кроме того, нами было зарегистрировано замедление роста камчатского краба при переходе со стадии глаукотоз в первую мальковую стадию (см. рис. 7). Так, в 2001 г. при средней длине карапакса глаукотоз 2,26±0,019 мм мальки первой стадии имели длину карапакса 2,51±0,057 мм. Еще более сильное замедление роста было отмечено в 2002 г., когда средние длины карапакса глаукотоз и мальков первой стадии были 2,02±0,025 и 2,05±0,012 мм соответственно.

Наши наблюдения в аквариальных условиях за поведением камчатского краба на ранних стадиях онтогенеза и результаты морфологического анализа конечно-

стей и пищеварительной системы свидетельствуют в пользу того, что глаукотоз камчатского краба не питается. Подтверждением этому служит значительная редукция конечностей пищедобывательного аппарата и их щетиночного вооружения, резкое уменьшение двигательной активности, отсутствие характерных сокращений желудка и гепатопанкреаса у глаукотоз (Ковачева, 2002; Эпельбаум, 2002). Предположения об эндогенном типе питания послеличинок камчатского краба были высказаны ранее другими авторами (Kugata, 1959, Nakanishi, 1987, Stevens, Kittaka, 1998). Данные об отсутствии питания на стадии глаукотоз хорошо согласуются с нашими данными об отсутствии роста в этот период.

Через 190 градусо-дней (20 сут.) после метаморфоза в 2001 г. и 189.2 градусо-дня (22 сут.) в 2002 г. глаукотоз перешли в первую мальковую стадию (см. рис. 7). Длина карапакса мальков первой стадии составила 2.51 ± 0.057 мм при ширине карапакса (ШК) 1.82 мм в 2001 г. и 2.05 ± 0.02 мм при ШК 1.70 мм в 2002 г. Длина карапакса мальков второй стадии составила 3.01 ± 0.069 мм при ШК 2.14 мм в 2001 г. и 2.25 ± 0.023 мм при ШК 2.08 мм в 2002 г. Относительный прирост за период с первой мальковой стадии по вторую составил 19.92 % в 2001 г. и 9.76 % в 2002 г. В середине ноября 2001 г. в аквариальных условиях мальки достигли IX мальковой стадии при длине 10.2 мм и ШК 8.3 мм.

Различия роста по годам на протяжении как личиночных, так и мальковых стадий статистически достоверны с высоким уровнем значимости ($P < 0,01$; 0,001). Это дает нам основание считать, что температурный режим и условия предварительной передержки самок с развивающейся икрой перед выклевом и во время выклева оказывают существенное влияние на рост в последующие личиночный, послеличиночный и мальковый периоды. Наши данные по росту и продолжительности развития мальков до IX стадии согласуются с данными норвежских исследователей (Mortensen, Damsgard, 1996) и будут представлены в отдельной работе.

Выживаемость личинок и послеличинок

Согласно литературным данным, при выращивании камчатского краба на естественной морской воде при средней температуре 4.66°C (колебания от 1.6 до 8.5°C) максимальная выживаемость до стадии глаукотоз составила 25% (Nakanishi et al., 1974; Nakanishi, 1987). В ходе проведенных нами в 2001 г. экспериментов выживаемость после линьки личинок I стадии составила 70–80%, а общая выживаемость до стадии глаукотоз составила 23%. Следовательно, повышение температуры воды до 8.7 – 12.2°C при искусственном выращивании личинок краба не оказывает существенного влияния на их жизнеспособность.

Заключение

Проведенные исследования являются первой попыткой сравнения особенностей развития и роста камчатского краба на ранних стадиях онтогенеза в искусственных и естественных условиях, оценки влияния биологически активных факторов среды на эти процессы. Получены доказательства допустимости сокращения продолжительности развития и ускорения роста камчатского краба за счет повышения температуры воды при искусственном выращивании на замкнутых системах водоснабжения. Однако авторы отдают себе отчет в том, что результаты исследования носят предварительный характер и экспериментальные работы должны быть продолжены в будущем.

Литература

- Баканев С.В., Кузьмин С.А.** 1999. Первые результаты исследований распределения личинок камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в Баренцевом море // Рыбхозяйственные исследования мирового океана. Труды Международной научной конференции. Владивосток. Т. 1. С. 99–101.
- Беренбойм Б.И.** 2001. Камчатский краб в Баренцевом море (результаты исследований ПИНРО в 1993–2000 гг.). Мурманск: Изд-во ПИНРО. 198 с.
- Зубкова Н.А.** 1964. Опыт содержания камчатского краба в аквариуме // Труды ММБИ. Вып. 5(9). С. 105–113.
- Казаев А.П.** 1995. Влияние температуры и солености на развитие камчатского краба // Аквакультура: проблемы и достижения. ВНИЭРХ. Вып. 3. С. 3–22.
- Клутин А.К.** 2002. Распределение и продолжительность развития личинок камчатского краба у западного побережья Сахалина // Труды СахНИРО. Т. 4. С. 212–228.
- Ковачева Н.П.** 2002. Биотехнология искусственного воспроизводства камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в системе с замкнутым циклом водоснабжения // Материалы Международной научно-практической конференции 19–21 сентября 2001 г. Южно-Сахалинск. С. 300–308.
- Левин В.С.** 2001. Камчатский краб *Paralithodes camtschaticus*: биология, промысел, воспроизводство. С.-Пб.: Ижица. 198 с.
- Макаров Р.Р.** 1966. Личинки креветок, раков-отшельников и крабов западно-камчатского шельфа и их распределение. М.: Наука. 163 с.
- Матюшкин В.Б., Сенников А.М., Ушакова М.В.** 2000. Результаты исследований и экспериментального вылова камчатского краба в фьордовых и прибрежных водах западного Мурмана в 1999 г. // Виды-вселенны в европейских морях России. Апатиты: ММБИ КНЦ РАН. С. 234–249.
- Мина М.В., Клеезаль Г.А.** 1976. Рост животных. М.: Наука. 291 с.
- Орлов Ю.И.** 1965. Некоторые сведения о темпе роста молоди камчатского краба и содержании ее в аквариумах (*Paralithodes camtschatica* Tilesius) // Сборник работ по акклиматизации водных организмов. М.: Пищевая промышленность. 1965.
- Эпельбаум А.Б.** 2002. Афагия глаукотое камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) // Тезисы докладов VI Всероссийской конференции по промысловым беспозвоночным, Калининград, 2002. М.: Изд-во ВНИРО. С. 67–69.
- Konishi K., Quintana R.** 1987. The larval stages of *Pagurus brachiomastus* (Thallwitz, 1892) (Crustacea, Anomura) reared in the laboratory // Zool. Sci. Vol. 4. P. 349–365.
- 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., 20. P. 76–83.
- Kurata H.** 1960. Studies on the larvae and postlarvae of *Paralithodes camtschatica*. III. The influence of temperature and salinity on the survival and growth of larvae // Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab., 21. P. 8–14.
- Kurata H.** 1964. Larvae of decapod Crustacea of Hokkaido. 6. Lithodidae (Anomura) // Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab., 29. P. 49–66.
- Marukawa H.** 1933. Biological and fishery research on Japanese king crab *Paralithodes camtschatica* (Tilesius) // J. Imp. Fish. Exp. Stat. Tokyo. V. 37. № 4. P. 1–152.
- Mortensen A., Damsgard B.** 1996. Growth, mortality, and food preference in laboratory-reared juvenile king crab (*Paralithodes camtschatica*). In: High Latitude Crabs: Biology, Management, and Economics. Proc. Internat. Symp. of Crabs from High Latitude Habitats, Anchorage, Alaska, USA, October 11–13, 1995 // Univ. of Alaska Sea Grant College Program Report. № 96–02. P. 665–674.
- Nakanishi T.** 1987. Rearing condition of eggs, larvae and post-larvae of king crab // Bull. Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab., 37. P. 57–161.
- Nakanishi T., Kuwatani Y., Kahata H.** 1974. The relationship between carapace length and body weight of the larva and post larva of *Paralithodes camtschatica* // Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab., 40. P. 32–38.
- Sato S.** 1958. Studies on larval development and fishery biology of king crab, *Paralithodes camtschatica* (Tilesius) // Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab., № 17. P. 102.
- Sato S., Tanaka S.** 1949. Study on the larval stage of *Paralithodes camtschatica* (Tilesius). I. About morphological research // Hokkaido Fish. Exp. Stat. Res. Rep. № 1. Vol. 1. P. 7–24.
- Shimizu J.** 1939. Outline of the rearing experiment on king crab zoea // Hokkaido Prefectural Fisheries Experimental Station. Ten-day Report. № 327. 408 p.
- Stevens B.G., Kittaka J.** 1998. Postlarval settling behavior, substrate preference, and time to metamorphosis for red king crab *Paralithodes camtschaticus* // Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 167. P. 197–206.