

УДК 595.384.2–13 (268.45)

## Определение сроков нереста по стадиям развития эмбрионов в кладках самок камчатского краба *Paralithodes camtschaticus*

В.Б.Матюшкин

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М.Книповича (ФГБНУ «ПИНРО», г. Мурманск)  
e-mail: mvb@pinro.ru

В настоящее время сведения о нерестовой активности камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* получают преимущественно методом учёта самок с новыми и прошлогодними кладками икры в уловах ловушек. Возможность применения этого метода ограничена лишь коротким периодом размножения. Кроме того, данный метод не исключает погрешностей, связанных с особенностями поведения самок камчатского краба в период линьки и размножения. Это послужило основанием для поиска альтернативных методов изучения нерестовой активности камчатского краба, свободных от указанных недостатков. Был апробирован и показал положительные результаты метод расчёта сроков нереста самок камчатского краба по стадиям развития эмбрионов в их кладках. Материалом для этого послужили данные исследований камчатского краба 2007–2012 гг., проводившихся с марта по ноябрь в прибрежных районах Западного Мурмана — губе Ура и прилегающей к ней акватории Баренцева моря. В качестве орудий лова применяли конусные ловушки, которые выставляли в диапазоне глубин 30–275 м. В совокупности было поймано и исследовано 3352 самки камчатского краба с кладками икры, а также выполнено 1108 определений стадий эмбрионального развития. Результаты исследований показали, что стадии развития эмбрионов камчатского краба целесообразно использовать в качестве хронологического маркера, позволяющего вести отсчёт времени, истекшего с момента линьки и нереста. Анализ полученных данных позволил уточнить сроки размножения камчатского краба, а также определить закономерности нерестового хода самок различных размерно-возрастных групп.

**Ключевые слова:** Баренцево море, прибрежные районы, конусные ловушки, камчатский краб *Paralithodes camtschaticus*, сроки нереста, стадии эмбриогенеза.

### ВВЕДЕНИЕ

Имеющиеся сведения о ходе эмбрионального развития камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) в природных условиях крайне ограничены, поэтому данное направление исследований, безусловно, представляет самостоятельный интерес. Помимо этого, данные эмбриологических исследований могут служить инструментом

в изучении других аспектов биологии камчатского краба.

В экспериментальных условиях эмбриональный цикл камчатского краба изучен достаточно подробно. Имеется детальное описание стадий развития, определена их продолжительность в зависимости от условий окружающей среды [Marukawa, 1933; Matsuura, Takeshita, 1985; Nakanishi, 1987]. Это даёт возможность

использовать стадии эмбрионального развития в качестве универсального хронологического маркера, позволяющего вести отсчёт времени, истекшего с момента линьки и нереста.

К сожалению, метод прямой диагностики стадий эмбрионального развития камчатского краба до сих пор не получил распространения в полевых исследованиях. В соответствии с методикой, предложенной Л.Г.Виноградовым [1945], с этой целью длительное время использовался косвенный признак — цвет икры. Полученные таким методом данные с трудом поддавались анализу, а их интерпретация часто приводила к противоречивым результатам, дающим пищу для различного рода необоснованных предположений. В частности, выдвигались гипотезы об аномальных сроках размножения, которые пытались объяснить существованием различных сезонных и экологических группировок камчатского краба. К примеру, неоднократно выносился на обсуждение вопрос о так называемой «осенненерестующей расе» сахалинской популяции камчатского краба [Золотухина, Новомодный, 2001; Золотухина, 2002; Колпаков, Колпаков, 2004; Золотухина, 2006]. Между тем, убедительных подтверждений или опровержений осеннего нереста камчатского краба так и не было предоставлено. Применение метода прямой диагностики стадий эмбрионального развития, безусловно, позволяет получить однозначный ответ на этот и подобные ему дискуссионные вопросы.

В настоящее время для поимки камчатского краба используются преимущественно пассивные орудия лова — ловушки различных модификаций. Репрезентативность полученных с их помощью данных зависит от множества факторов, в том числе от физиологического состояния крабов, и особенно от их поведения во время размножения и линьки. Известно, что в период линьки наблюдается многократное снижение уловов, связанное с отсутствием у крабов пищевой активности. Восстановление нормальных поведенческих реакций у большинства крабов требует значительного времени. К примеру, самцы краба стригуна *Chionoecetes opilio* (Fabricius, 1788) начинают питаться через 3–4 недели после линьки [O'Halloran, O'Dor, 1988]. Самцы камчат-

ского краба перестают активно питаться за 12 дней до начала линьки и возобновляют питание лишь спустя 8 дней после неё [Zhou et al., 1998].

Для самок камчатского краба характерно аналогичное поведение. Половозрелые самки камчатского краба весной накануне нерестовой линьки могут впадать в состояние полной неподвижности [Переладов, 2003] или находиться в положении брачного захвата, который может продолжаться более двух недель [Powell et al., 1974]. После линьки они, так же как и самцы, в течение некоторого времени ведут пассивный образ жизни. В этот период они не питаются и, как правило, не попадают в ловушки.

Установлено, что панцирь самок камчатского краба полностью отвердевает в среднем через 74 дня после линьки [Stevens, 2009]. Однако о сроках возобновления их пищевой активности практически ничего не известно. Это создаёт определённые трудности при интерпретации материалов, собранных пассивными орудиями лова в нерестовый период. Для их разрешения могут использоваться сведения по эмбриологии. Причём для этого допустимо применение данных, полученных уже после сезона размножения. Особое значение данный аспект приобретает в тех случаях, когда прямые наблюдения в период нереста оказываются невозможны.

Для некоторых популяций камчатского краба, таких, например, как аяно-шантарская, нерестовый период до сих пор остаётся слабо изученным из-за сложных ледовых условий [Черниенко, 2011]. Имеются указания на то, что и в других районах размножение крабов может происходить ещё до начала таяния льда, что ограничивает возможности получения сведений об этом периоде их жизни [Клитин, 2002; Dew, 2008].

В таких случаях данные по эмбриологии могут оказать незаменимую помощь при определении сроков нерестовой активности камчатского краба. Кроме того, они могут использоваться в качестве хронологического маркера при изучении биологических циклов, синхронизированных с линькой и размножением камчатского краба, например, при определении возраста экзоскелета или продолжительности

стадий оогенеза. Между тем, сам метод хронологии биологических процессов на основе использования данных эмбриологических исследований ещё нуждается в апробации.

Цель настоящей работы — определить сроки нереста камчатского краба, основываясь на хронологии стадий развития эмбрионов в кладках самок.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы материалы исследований камчатского краба 2007–2012 гг., проводившихся с марта по ноябрь в прибрежных районах Западного Мурмана — губе Ура и прилегающей к ней акватории Баренцева моря (рис. 1). Исключение составляли 2008 и 2012 гг., когда исследования начинали в последней декаде февраля.

Отлов крабов выполняли с борта маломерных судов ФГБНУ «ПИНРО», в качестве орудий лова применяли конусные ловушки, которые выставляли в диапазоне глубин 30–

275 м. Обработаны уловы 636 ловушек, общий улов крабов в которых составил 17,6 тыс. экз., в том числе 8,9 тыс. экз. самок.

После стандартного полевого анализа [Низяев и др., 2006] из наружной кладки половозрелых самок камчатского краба отбирали образцы икры для определения стадий эмбрионального развития. Икру в живом состоянии просматривали под бинокулярным микроскопом, фиксировали раствором Буэна и исследовали повторно.

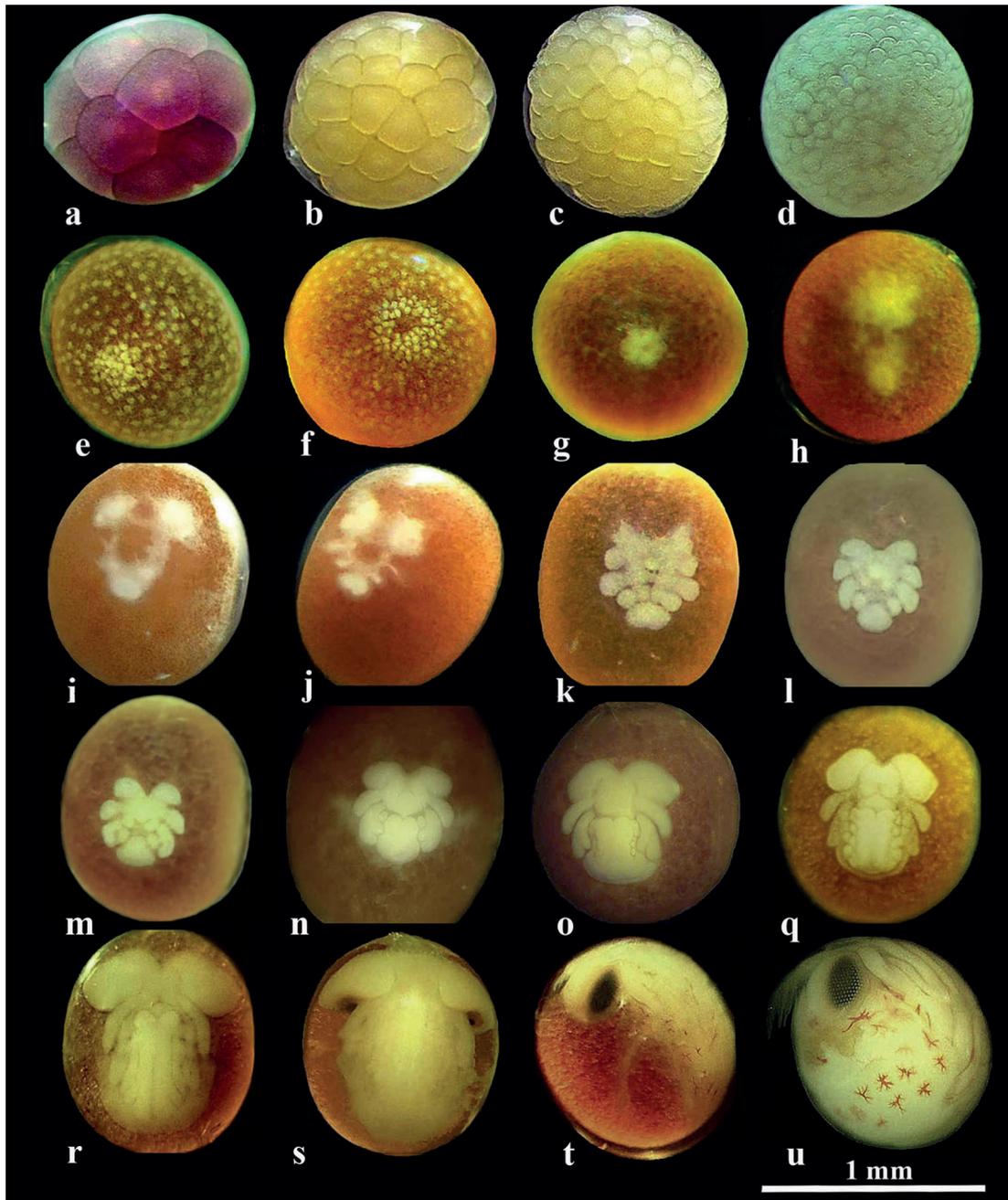
В цикле эмбрионального развития камчатского краба выделяли следующие стадии: дробление — от начала сегментации эмбриона до образования мелкочаеистой бластодермы (рис. 2, а–d); гастрюляция — от закладки зародышевого пятна до появления зачатка головных лопастей (рис. 2, е–h); науплиус — от образования V-образного зародыша до полного формирования науплиуса (рис. 2, i–m); метанауплиус — период развития метанауплиальных сегментов (рис. 2, n–r); зоэа — от на-



Рис. 1. Район исследований камчатского краба в 2007–2012 гг.

Таблица 1. Количество половозрелых самок камчатского краба, исследованных в прибрежье Западного Мурмана в 2007–2012 гг. (экз.)

Вид анализа	Месяц										Всего
	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
Стандартный полевой анализ	23	766	442	267	257	67	226	305	533	466	3352
Определение стадий эмбриогенеза	18	167	107	82	219	46	68	168	114	119	1108



**Рис. 2.** Стадии эмбрионального развития камчатского краба:

a–d — дробление; e — закладка зародышевого пятна; f, g — образование бластопора; h — появление зачатка головных лопастей; i — V-образный зародыш; j, k — формирование науплиальных сегментов; l, m — науплиус; n–r — формирование метанауплиальных сегментов; s–u — зоэа. Примечание: a–d — живые эмбрионы; e–u — обработанные раствором Буэна

чала пигментации глаз до завершения эмбриогенеза (рис. 2, s–u).

В общей сложности было исследовано 3352 самки камчатского краба с кладками наружной икры, в том числе выполнено 1108 определений стадий эмбрионального развития (табл. 1).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Размножение камчатского краба у берегов Западного Мурмана начинается в конце зимы и заканчивается к началу лета. Как было установлено ранее, в отдельные годы самки с новыми кладками икры отмечаются с конца ян-

варя, в феврале их доля в уловах в среднем не превышает 6%, а в марте она достигает половины общего улова половозрелых самок [Матюшкин, 2003]. Это даёт основание считать, что наиболее активная фаза нереста камчатского краба в районе исследований продолжается с марта по апрель. Анализ соотношения самок с новыми и прошлогодними кладками, отмеченных в уловах ловушек в весенний период 2007–2012 гг., позволил прийти к аналогичному заключению (рис. 3).

Между тем, изучение стадий развития эмбрионов в кладках самок камчатского краба заставляло усомниться в правильности такого вывода. Дело в том, что даже в разгар нереста самки с эмбрионами на начальной стадии развития встречались в уловах ловушек крайне редко. Так, за весь период наблюдений была отмечена всего одна кладка с икрой на стадии полярных тел (очевидно, она была отложена непосредственно в ловушке) и по одной кладке с эмбрионами на стадии 16–32 и 32–64 бластомеров. Доля кладок с зародышами на стадии бластулы лишь в марте достигала 19%, а в среднем в весенний период не превышала 17% от общего числа новых кладок. В течение всего сезона размножения и сразу после его завершения преобладала икра на стадии гастрюлы, которая с марта по июнь встречалась в 79–83% всех кладок.

Это свидетельствует о том, что уловы самок с недавно отложенной икрой имели преи-

мущественно случайный характер, а регулярно попадать в ловушки самки начинали только по истечении времени, необходимого для завершения дробления и начала гастрюляции их эмбрионов. Видимо, только к этому времени самки успевали восстановиться после нерестовой линьки, и начинали переходить к активному поиску пищи.

Установлено, что продолжительность развития эмбрионов камчатского краба до начала гастрюляции при температуре 3 °С составляет около 25 дней [Marukawa, 1933; Nakanishi, 1987]. Такая температура в прибрежье Западного Мурмана наблюдается в конце зимы, т. е. в самом начале сезона размножения камчатского краба. В остальное время период дробления в кладках камчатского краба в прибрежье Западного Мурмана совпадает с сезонным минимумом температуры, когда её значения понижаются до 1,5–2 °С, а в особо холодные годы приближаются к нулю [Бойцов, 2003, 2006]. При такой температуре дробление эмбрионов происходит почти в 2 раза медленней, чем при 3 °С [Powell et al., 1972]. Из этого следует, что продолжительность интервала между нерестом и началом гастрюляции в кладках самок камчатского краба у берегов Западного Мурмана составляет более одного месяца.

Поскольку в большинстве новых кладок икры, исследованных в марте, эмбрионы находились на стадии гастрюлы можно заключить, что к этому времени продолжительность их

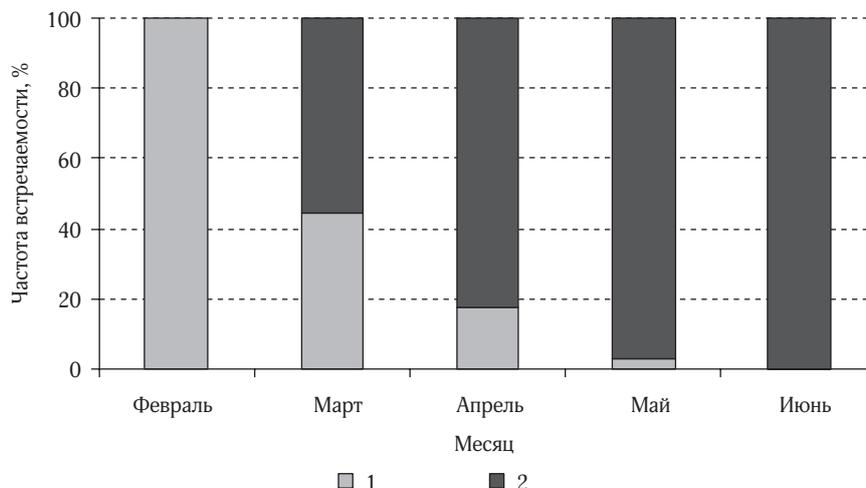


Рис. 3. Частота встречаемости самок камчатского краба с прошлогодними (1) и новыми (2) кладками икры в прибрежье Западного Мурмана в 2007–2012 гг.

развития уже составляла более месяца. Следовательно, активная фаза нереста камчатского краба у берегов Западного Мурмана началась в феврале, т. е. приблизительно на месяц раньше, чем это показывала частота встречаемости самок с новыми и прошлогодними кладками в уловах ловушек.

Ретроспективный расчёт сроков нереста по другим стадиям развития эмбрионов привёл к аналогичным результатам. В качестве примера можно взять стадию науплиуса, которая в период наших исследований отмечалась в кладках камчатского краба с конца мая до начала сентября (рис. 4).

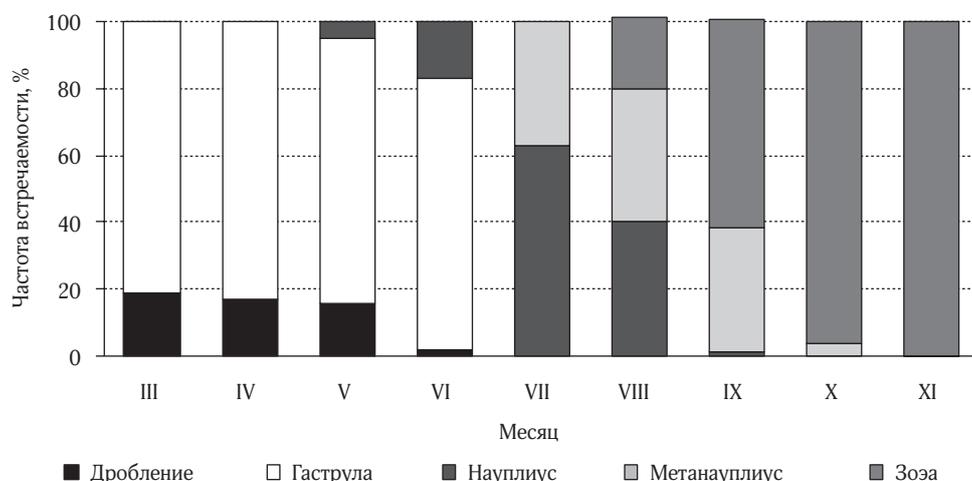
Известно, что для достижения стадии науплиуса эмбрионам камчатского краба требуется около 3 месяцев [Nakanishi, 1987]. Это позволяет считать, что в указанный период исследований самые ранние кладки были отложены самками в феврале, а наиболее поздние — в мае или даже в начале июня.

Таким образом, расчёты, выполненные в соответствии с данными эмбриональных исследований, дают основание полагать, что нерестовая активность самок камчатского краба продолжается приблизительно на месяц дольше, чем это следует из анализа встречаемости самок с новыми и прошлогодними кладками.

Известно, что сезонная динамика развития нерестовых процессов в популяции камчатского краба в определённой мере зависит

от размерно-возрастного состава нерестового стада. Однако в вопросе о сроках нереста самок различных размерных групп авторы расходятся во мнениях. По данным некоторых из них, первыми к размножению приступают наиболее крупные особи, а молодые нерестятся в последнюю очередь [Kurata, 1961, цит. по: Powell, Nickerson, 1965; Буяновский и др., 1999; Переладов и др., 1999]. Участие молодых самок размером около 100 мм в заключительной фазе нереста подтверждается водолазными наблюдениями в Баренцевом море [Переладов, 2003].

Между тем, большинство авторов придерживается противоположной точки зрения. Как показывают результаты траловых съёмов, проводившихся у берегов Аляски [Otto et al., 1990; Dew, 2008], а также водолазные [Powell et al., 2002] и экспериментальные наблюдения [Stevens, Swiney, 2007], молодые, преимущественно впервые нерестующие самки камчатского краба приступают к нересту значительно раньше, чем особи старшего поколения. Согласно материалам исследований, ранее проводившихся в прибрежье Западного Мурмана, средний размер отнерестившихся самок увеличивается от начала сезона размножения к его заключительной фазе, что свидетельствует в пользу второй точки зрения [Матюшкин, 2003]. Кроме того, результаты исследований оогенеза камчатского краба также позволяют считать, что молодые, впервые нерестующие



**Рис. 4.** Частота встречаемости стадий эмбрионального развития камчатского краба в кладках новой генерации в прибрежье Западного Мурмана в 2007–2012 гг.

**Таблица 2.** Частота встречаемости стадий развития эмбрионов в кладках икры камчатского краба в зависимости от размера самок и периода исследований

Период	Количество наблюдений	Средний размер самок, мм / Частота встречаемости, %				
		Дробление	Гастрола	Науплиус	Метанауплиус	Зоэа
Май	82	133,5 / 16	119,7 / 72	117,2 / 12	—	—
Июнь	219	—	134,8 / 83	116,6 / 17	—	—
Июль	46	—	—	121,2 / 63	116,5 / 37	—
Август	68	—	—	127,9 / 42	118,4 / 40	114,1 / 18
Сентябрь	168	—	—	148,0 / 1	137,4 / 37	123,6 / 62

самки созревают к нересту раньше остальных [Филина, 2003].

В период наших исследований эмбрионы в кладках крупных самок, как правило, находились на более ранних стадиях развития, чем у особей меньших размерных групп, что также свидетельствовало о более позднем размножении крупных самок (табл. 2).

Между тем, некоторые из полученных нами данных явно противоречили такому заключению, что требовало более детального рассмотрения. С этой целью был выполнен сравнительный анализ стадий развития эмбрионов в кладках, позволявший выделить ранненерестующих самок (у которых на данный момент эмбрионы достигали наиболее развитого состояния) и поздненерестующих (у которых они находились на относительно ранних для этого сезона стадиях развития). К примеру, в мае—июне к первой из указанных групп относили самок с эмбрионами на стадии науплиуса, а ко второй — на стадии дробления и гастролы. Аналогичным образом поступали и в другие месяцы, когда эмбрионы находились сначала на стадиях науплиуса и метанауплиуса, а затем метанауплиуса и зоэа.

Полученные таким методом данные показали, что доля ранненерестующих и поздненерестующих самок составляла 60 и 40% соответственно. В состав каждой группы входили представители нескольких размерных классов. Размер ранненерестующих и поздненерестующих самок варьировал от 102 до 163 мм (в среднем 121,6 мм) и от 104 до 178 мм (в среднем 130,3 мм) соответственно. Примечательно, что в обеих группах наряду с крупными самками также присутствовали особи

минимального для половозрелых самок размера, которые, безусловно, впервые принимали участие в размножении.

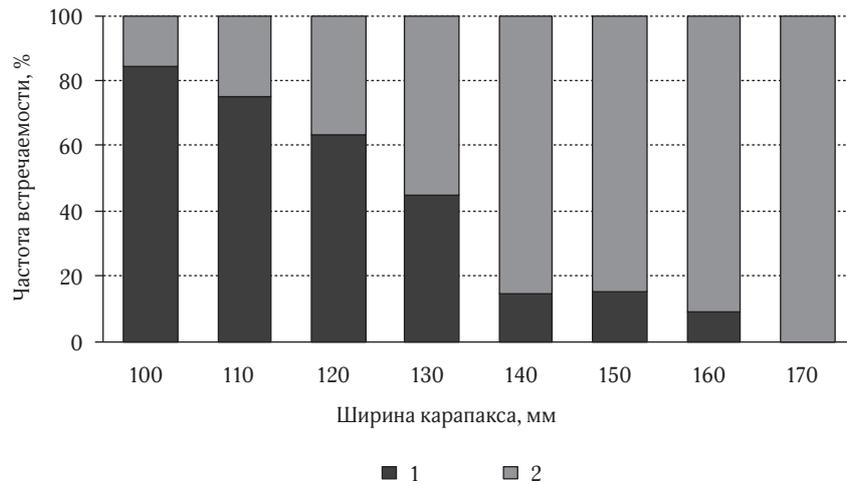
Анализ размерного состава обеих групп самок показал, что наибольшая частота встречаемости ранненерестующих особей наблюдалась в самых младших размерных классах, а по мере увеличения размера самок среди них увеличивалась частота встречаемости поздненерестующих особей (рис. 5).

Таким образом, полученные данные не позволяют однозначно ответить на вопрос относительно очерёдности нереста мелких и крупных самок, поскольку и те и другие встречались как в первых рядах нерестующих самок, так и в их арьергарде. Между тем, результаты исследований показывают, что у самок старшей размерно-возрастной группы более выражена тенденция к позднему размножению, а у молодых особей — к раннему.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты наших исследований позволили уточнить сведения о продолжительности нерестовой активности самок камчатского краба. В соответствии с данными эмбриологического анализа нерест камчатского краба у берегов Западного Мурмана в 2007—2012 гг. охватывал период с февраля по май. Это приблизительно на месяц превышало предполагаемую продолжительность нереста, установленную традиционным методом — на основании соотношения в уловах самок с новыми и прошлогодними кладками.

Как показали исследования, в течение первого месяца после нереста самки камчатского краба практически не попадали в ловушки,



**Рис. 5.** Частота встречаемости ранненерестующих (1) и поздненерестующих (2) самок камчатского краба в различных размерных классах в прибрежье Западного Мурмана в 2007–2012 гг.

очевидно, вследствие отсутствия у них пищевой активности. Это, безусловно, повлияло на репрезентативность данных, полученных традиционным методом. Результаты эмбриологических исследований, напротив, не испытывали влияния данного фактора, вследствие чего они представляются более объективными.

На основании материалов эмбриологических исследований была установлена зависимость между размерами самок камчатского краба и сроками их нереста. Хотя результаты исследований не позволили определить наличие строгой очерёдности в нерестовой активности мелких и крупных самок, тем не менее они показали, что у самок старшей размерно-возрастной группы более выражена тенденция к позднему размножению, а у молодых особей — к раннему.

Таким образом, применение метода прямой диагностики стадий эмбрионального развития позволило расширить возможности изучения динамики нерестовых процессов камчатского краба.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бойцов В.Д. 2003. Гидрометеорологический режим районов обитания камчатского краба // Камчатский краб в Баренцевом море. Изд. 2-е, перераб. и доп. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 40–59.
- Бойцов В.Д. 2006. Изменчивость температуры воды Баренцева моря. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 292 с.

Буяновский А.И., Вагин А.В., Полонский В.Е., Сидоров Л.К. 1999. О некоторых особенностях экологии камчатского и синего крабов в районе Северо-Западной Камчатки // Прибрежные гидробиологические исследования. М.: Изд-во ВНИРО. С. 126–142.

Виноградов Л.Г. 1945. Годичный цикл жизни и миграции краба в северной части западнокамчатского шельфа // Известия ТИНРО. Т. 19. С. 3–54.

Золотухина Л.С. 2002. Обзор исследований и новые взгляды на популяционную структуру камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в районе западной части Татарского пролива (Японское море) и у Западной Камчатки // Известия ТИНРО. Т. 130. С. 545–561.

Золотухина Л.С. 2006. Динамика плодовитости камчатского краба северо-западной части Татарского пролива // Известия ТИНРО. Т. 146. С. 183–197.

Золотухина Л.С., Новомодный Г.В. 2001. О массовом осеннем выклеве личинок камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius) в западной части Татарского пролива в 1999 г. // Исследования биологии промысловых ракообразных и водорослей морей России. М.: Изд-во ВНИРО. С. 132–136.

Клитин А.К. 2002. Распределение, биология и функциональная структура ареала камчатского краба в водах Сахалина и Курильских островов // Известия ТИНРО. Т. 130. Ч. 1. С. 148–227.

Колпаков И.В., Колпаков Е.В. 2004. Распределение и биологическое состояние камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в прибрежных водах северного Приморья в районе мыса Золотого в августе 2001 г. // Известия ТИНРО. Т. 139. С. 159–167.

- Матюшкин В.Б. 2003. Особенности размножения камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в прибрежных водах Западного Мурмана // Камчатский краб в Баренцевом море. Изд. 2-е, перераб. и доп. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 88–100.
- Низяев С.А., Букин С.Д., Клитин А.К., Первеева Е.Р., Абрамова Е.В., Крутченко А.А. 2006. Пособие по изучению промысловых ракообразных дальневосточных морей России. Южно-Сахалинск: Изд-во СахНИРО. 114 с.
- Переладов М.В. 2003. Особенности распределения и поведения камчатского краба на прибрежных мелководьях Баренцева моря // Камчатский краб в Баренцевом море. Изд. 2-е, перераб. и доп. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 152–170.
- Переладов М.В., Буяновский А.И., Милютин Д.М., Огурцов А.Ю., Мельников А.А. 1999. Некоторые аспекты распределения и биологии камчатского и волосатого крабов в прибрежной зоне Юго-Западного Сахалина // Прибрежные гидробиологические исследования. М.: Изд-во ВНИРО. С. 75–108.
- Филина Е.А. 2003. Гистологические исследования воспроизводительной системы камчатского краба в Баренцевом море // Камчатский краб в Баренцевом море. Изд. 2-е, перераб. и доп. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 107–121.
- Черниченко И.С. 2011. Биология и промысловый потенциал аяно-шантарской популяции камчатского краба *Paralithodes camtschaticus*. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток. 20 с.
- Dew C.B. 2008. Red king crab mating success, sex ratio, spatial distribution, and abundance estimates as artifacts of survey timing in Bristol Bay, Alaska // North American Journal of Fisheries Management. V. 28. P. 1618–1637.
- Matsuura S., Takeshita K. 1985. Development and decrease in number of eggs attached to pleopods of laboratory-reared king crabs *Paralithodes camtschatica* (Tilesius) // Proc. of the Intern. on King Crabs. Symp. Anchorage, Alaska, Univ. Alaska Sea Grant Rep. Rep. № 85–12. P. 155–166.
- Marukawa H. 1933. Biological and fishery research on Japanese king crab *Paralithodes camtschatica* (Tilesius) // J. Imp. Fish. Exp. St. Tokyo. V. 4. № 37. 200 p.
- Nakanishi T. 1987. Rearing condition of eggs, larvae and post-larvae of king crab // Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. V. 37. P. 57–161.
- O'Halloran M.J., O'Dor R.K. 1988. Molt cycle of male snow crabs, *Chionoecetes opilio*, from observations of external features, setal changes, and feeding behavior // J. Crustacean Biol. V. 8. № 2. P. 164–176.
- Otto R.S., Macintosh R.A., Gummiskey P.A. 1990. Fecundity and other reproductive parameters of female red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in Bristol Bay and Norton Sound, Alaska // Proc. of the Intern. Symp. on King and Tanner Crabs: Univ. Alaska Sea Grant Rep. Rep. № 90. 04. P. 65–90.
- Powell G.C., James K.E., Hurd C.L. 1974. Ability of male king crab, *Paralithodes camtschatica*, to mate repeatedly // Fishery Bull. US. V. 72. P. 171–179.
- Powell G.C., Nickerson R.B. 1965. Reproduction of king crabs, *Paralithodes camtschatica* (Tilesius) // J. Fish. Res. Bd. Canada. V. 22. № 2. P. 101–111.
- Powell G.C., Shafford B., Jones M. 1972. Reproductive biology of young adult king crabs *Paralithodes camtschatica* (Tilesius) at Kodiak Island, Alaska // Proc. Natl. Shellfish Assoc. V. 63. P. 77–87.
- Powell G.C., Pengilly D., Blau S.F. 2002. Mating pairs of red ring crabs (*Paralithodes camtschaticus*) in the Kodiak Archipelago, Alaska, 1960–1984 // Crabs in cold water region: biology, management, and economics. Fairbanks, Alaska: University of Alaska Sea Grant. P. 225–245.
- Stevens B.G. 2009. Hardening of red king crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) shells after molting // J. Crustacean Biol. V. 29. № 2. P. 157–160.
- Stevens B.G., Swiney K.M. 2007. Hatch timing, incubation period, and reproductive cycle for primiparous and multiparous red king crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) // J. Crustacean Biol. V. 27. № 1. P. 37–48.
- Zhou S., Shirley T.C., Kruse G.H. 1998. Feeding and growth of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* under laboratory conditions // J. Crustacean Biol. V. 18. № 2. P. 337–345.

#### REFERENCES

- Bojtsov V.D. 2003. Gidrometeorologicheskij rezhim rajonov obitaniya kamchatskogo kraba [Hydrometeorological regime in the red king crab habitats] // Kamchatskij krab v Barentsevom more. Murmansk. Izd-vo PINRO. S. 40–59.
- Bojtsov V.D. 2006. Izmenchivost' temperatury vody Barentseva morya [Water temperature variability in the Barents Sea]. Murmansk. Izd-vo PINRO. 292 s.
- Buyanovskij A.I., Vagin A.V., Polonskij V.E., Sidorov L.K. 1999. O nekotoryh osobennostyah ekologii kamchatskogo i sinego krabov v rajone Severo-Zapadnoj Kamchatki [Some peculiarities of the ecology of red king and deep blue crabs in the North Western Kamchatka area] // Pribrezhnye gidrobiologicheskie issledovaniya. M.: Izd-vo VNIRO. S. 126–142.
- Vinogradov L.G. 1945. Godichnyj tsikl zhizni i migratsii kraba v severnoj chasti zapadnokamchatskogo shel'fa [Annual cycle of the crab life and migration in the

- northern West Kamchatka Shelf] // *Izvestiya TINRO*. T. 19. S. 3–54.
- Zolotukhina L.S. 2002. Obzor issledovaniy i novye vzglyady na populyatsionnyuyu strukturu kamchatskogo kraba *Paralithodes camtschaticus* v rajone zapadnoj chasti Tatarskogo proliva (Yaponskoe more) i u Zapadnoj Kamchatki [Investigations and new views to population structure of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* in the western Tatar Strait (the Japanese Sea) and at the western Kamchatka] // *Izvestiya TINRO*. T. 130. S. 545–561.
- Zolotukhina L.S. 2006. Dinamika plodovitosti kamchatskogo kraba severo-zapadnoj chasti Tatarskogo proliva [Dynamics of red king crab fecundity in the north-western Tatar Strait] // *Izvestiya TINRO*. T. 146. S. 183–197.
- Zolotukhina L.S., Novomodnyj G.V. 2001. O massovom osennem vyklevе lichinok kamchatskogo kraba *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius) v zapadnoj chasti Tatarskogo proliva v 1999 g. [Mass autumn hatching of *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius) red king crab larvae in the western Tatar Strait in 1999] // *Issledovaniya biologii promyslovykh rakoobraznykh i vodoroslej morej Rossii*. M.: Izd-vo VNIRO. S. 132–136.
- Klitin A.K. 2002. Raspredelenie, biologiya i funktsionalnaya struktura areala kamchatskogo kraba v vodah Sakhalina i Kurilskih ostrovov [Distribution, biology and functional structure of the red king crab area in the waters of Sakhalin and Kuril Islands] // *Izvestiya TINRO*. T. 130. S. 148–227.
- Kolpakov I.V., Kolpakov E.V. 2004. Raspredelenie i biologicheskoe sostoyanie kamchatskogo kraba *Paralithodes camtschaticus* v pribrezhnykh vodah severnogo Primor'ya v rajone mysa Zolotogo v avguste 2001 g. [Distribution and biology of red king crab *Paralithodes camtschaticus* in the coastal waters of the northern Primorye (the Gold Cape), in August 2001] // *Izvestiya TINRO*. T. 139. S. 159–167.
- Matyushkin V.B. 2003. Osobennosti razmnozheniya kamchatskogo kraba (*Paralithodes camtschaticus*) v pribrezhnykh vodah Zapadnogo Murmana [Peculiarities of reproduction of the red king crab in fjord waters of the Western Murman] // *Kamchatskij krab v Barentsevom more*. Murmansk: Izd-vo PINRO. S. 88–100.
- Nizyaev S.A., Bukin S.D., Klitin A.K., Perveeva E.R., Abramova E.V., Krutchenko A.A. 2006. Posobie po izucheniyu promyslovykh rakoobraznykh dal'nevostochnykh morej Rossii [Manual to study commercial crustaceans from the Far East seas of Russia]. Yuzhno-Sahalinsk: Izd-vo SakhNIRO. 114 s.
- Pereladov M.V. 2003. Osobennosti raspredeleniya i povedeniya kamchatskogo kraba na pribrezhnykh melkovod'yah Barentseva morya [Distribution and behavior of red king crab in the coastal shallows of the Barents Sea] // *Kamchatskij krab v Barentsevom more*. Murmansk: Izd-vo PINRO. S. 152–170.
- Pereladov M.V., Buyanovskij A.I., Milyutin D.M., Ogurtsov A.Yu., Mel'nikov A.A. 1999. Nekotorye aspekty raspredeleniya i biologii kamchatskogo i volosatogo krabov v pribrezhnoj zone Yugo-Zapadnogo Sakhalina [Some aspects of distribution and biology of the red king and hairy crabs in the coastal zone of the South Western Sakhalin] // *Pribrezhnye gidrobiologicheskie issledovaniya*. M.: Iz-vo VNIRO. S. 75–108.
- Filina E.A. 2003. Gistologicheskie issledovaniya vosproizvoditelnoj sistemy kamchatskogo kraba v Barentsevom more [Histological investigations of the red king crab reproduction in the Barents Sea] // *Kamchatskij krab v Barentsevom more*. Murmansk. Izd-vo PINRO. S. 107–121.
- Chernienko I.S. 2011. Biologiya i promyslovyj potentsial ayano-shantarskoj populyatsii kamchatskogo kraba *Paralithodes camtschaticus* [Biology and fishery potential for Ayano-Shantarskaya population of the red king crab *Paralithodes camtschaticus*]. Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk. Vladivostok. 20 p.

Поступила в редакцию 12.02.16 г.  
Принята после рецензии 27.05.16 г.

## Determination of spawning periods by stages of embryo development in the red king crab *Paralithodes camtschaticus* female deposits

*V.B.Matyushkin*

Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (FSBSI "PINRO", Murmansk)

At present the data on spawning of red king crab *Paralithodes camtschaticus* are derived, primarily, by method of the assessment of females with new and last year roe deposits in the pots. The use of this method is limited only by a short spawning period. Besides, it does not exclude errors associated with the behavior of the crab females in the period of moulting and reproduction. This was the basis to look for the other methods to study the spawning activity of the red king crab which are free from the mentioned shortcomings. The method of the determination of crab female spawning periods by the stages of embryo development in the deposits was tested and showed good results. The study was based on the data on red king crab from the researches in the coastal area of the Western Murman, the Ura Guba, and the adjacent Barents Sea area in March–November 2007–2012. The conic pots placed within the range of 30–275 m were used as fishing gears. In total, 3352 females with roe deposits were caught and examined, as well as there were 1,108 times when the stages of embryo development were determined. The results of the investigations showed that the crab embryo development stages are reasonable to use as a chronologic marker allowing us to count the time from moulting and spawning. The analysis of data derived made it possible to specify periods of red king crab spawning, as well as to identify spawning regularities for females from different size and age groups.

**Key words:** the Barents Sea, coastal area, conic traps, red king crab, spawning periods, embryogenesis stages.