

УДК 595.384.2-153(268.45)

## **Периодичность пищевой активности камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Arthropoda, Decapoda) в Баренцевом море**

**И.Е. Манушин**

*Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (ПИНРО)*

**Аннотация.** В работе приведены результаты исследований ритмичности питания камчатского краба в Баренцевом море. Показано наличие циркадной и месячной периодичности в его пищевой активности. Указанная периодичность связывается с приливно-отливным циклом. Значения общего индекса наполнения желудков краба следуют за значениями высоты прилива с небольшим отставанием. Наибольшие среднесуточные уловы ловушек, отражающие высокую пищевую активность краба, отмечены во время сизигийных приливов.

**Abstract.** The paper presents the results of studies of feeding rhythmicity of the red king crab in the Barents Sea. The presence of circadian and monthly periodicity in feeding activity of king crab has been shown. The specified periodicity is associated with the tidal cycle. The value of the total index of fullness of crab stomach follows the heights of the tide with a small lag. The highest average daily catches of traps reflecting the high feeding activity of crab are recorded during spring tides.

**Ключевые слова:** камчатский краб, пищевая активность, приливно-отливный цикл, Баренцево море  
**Key words:** red king crab, feeding activity, tidal cycle, the Barents Sea

### **1. Введение**

Рациональное освоение запаса акклиматизированного в Баренцевом море камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815)) и попытки введения этого крабоида в аквакультуру, а также оценка его влияния на нативную фауну, предполагают исследования особенностей его трофического поведения. Одним из важных параметров пищевой активности любого животного является периодичность его питания. Многие морские организмы синхронизируют потребление пищи с определёнными циклами внешней среды, например со световым или приливно-отливным (*Биологические ритмы*, 1984а).

Более того, выявление периодичности в питании должно способствовать лучшему пониманию динамики промысла камчатского краба ловушками, т.к. при использовании приманок учитывается паттерн пищевого поведения животного.

Кроме того, при расчёте величины потребления бентоса крабом необходимо знать, как изменяется интенсивность питания краба во времени. Ведь асинхронное пищевое поведение особей ограничивает набор методик, которые можно применить для расчёта потреблённой биомассы. Например, становится бесполезным определять скорость потребления и переваривания пищи по данным суточных станций.

Для рационального ведения аквакультуры также важно знать, с какой периодичностью и в какое время необходимо подавать корм, чтобы повысить его усвоение и сократить отходы.

Данная работа проводилась с целью определения периодичности пищевой активности камчатского краба. Её задачами были: а) анализ суточной динамики общего индекса наполнения желудка; б) сопоставление данных по уловам краба ловушками, которые отражают пищевое поведение животного, с приливно-отливным циклом.

### **2. Материалы и методы**

Материалом для исследования послужили:

1) данные суточных станций, одна из которых была выполнена в Мотовском заливе Баренцева моря 5-6.09.1998 г. (Манушин, 2003), другая – в Бристольском заливе Берингова моря 11-12.09.1972 г. (Тарвердиева, 1978);

2) официальная статистика промысловых суточных уловов (информационная система "Росрыболовство") камчатского краба в Восточном Прибрежном промысловом районе Баренцева моря в 2002-2006 гг. Промысловое районирование моря взято из "*Труды ПИНРО*" (1957).

Амплитуда и время приливов и отливов были рассчитаны с помощью программы Tides (ver. 3.7) для точек на побережье, ближайших к местам проведения исследований. Время использовалось местное.

Для определения суточной периодичности сопоставляли величины общего индекса наполнения желудка (ОИН, отношение массы пищи к массе краба, выраженное в процедимилле) с суточным приливо-отливным циклом.

Для выяснения наличия месячной периодичности была использована следующая методика. Ввиду того, что при промысле камчатского краба используются ловушки с приманками, то улов должен отражать, среди прочих факторов, пищевую активность особей. По данным промысловых уловов был рассчитан вылов самцов крабов промыслового размера на ловушку. Средняя продолжительность застоя ловушек, по данным промысловой статистики, составила 74 часа, по данным одного из наблюдателей – 79 часов. Поэтому средним временем застоя был выбран интервал в трое суток (день выборки ловушки и предыдущие двое суток). После этого среднему улову на ловушку за сутки была противопоставлена величина полной воды во время приливов на эту дату. Известно, что лунный месяц (синодический, от новолуния до новолуния) состоит из 29,53 суток, причём включает два примерно одинаковых приливо-отливных цикла, в каждом из которых есть сизигийный и квадратурный приливы (Биологические ритмы, 1984b). Таким образом, на каждый такой приливо-отливный цикл приходится 14-15 суток. По усреднённым посуточно (для такого приливо-отливного цикла) данным и был проведён анализ.

Следует отметить, что в данной статье вместо слово "суточный" правильнее говорить "циркадный", т.е. "околосуточный". Как показали исследования, биологические сутки различных организмов могут колебаться от 16 до 28 часов. Также, под словом "месяц" более подразумевается лунный месяц, который обычно несколько меньше календарного.

Достоверность связи между приливо-отливным циклом и периодичностью питания рассчитывалась методом однофакторного дисперсионного анализа.

### 3. Результаты и обсуждение

ОИН по результатам суточной станции варьировал от 0 до 22 ‰. Сопоставление динамики среднего ОИН с приливо-отливным циклом показало хорошее совпадение (рис. 1 и 2). Для данных из Мотовского залива  $F = 5,54$ , что больше  $F_{st} = 4,75$ ; показатель силы влияния  $\eta^2 = 0,32$ . Для данных Тарвердиевой –  $F = 37,38$ , что больше  $F_{st} = 4,21$ ;  $\eta^2 = 0,58$ .

Из приведённых графиков видно, что увеличение ОИН желудков крабов начинается после начала прилива, а пик наполнения их желудков наступает вскоре после достижения уровня полной воды. Это может быть объяснено интенсивным поиском крабами своих жертв с наступлением прилива и питанием во время подъёма уровня воды. Спад ОИН, совпадающий с отливом, объясняется преобладанием переваривания пищи над потреблением. Синхронность динамики значений высоты воды и ОИН указывает на то, что интенсивность питания краба связана с деятельностью приливо-отливных течений.

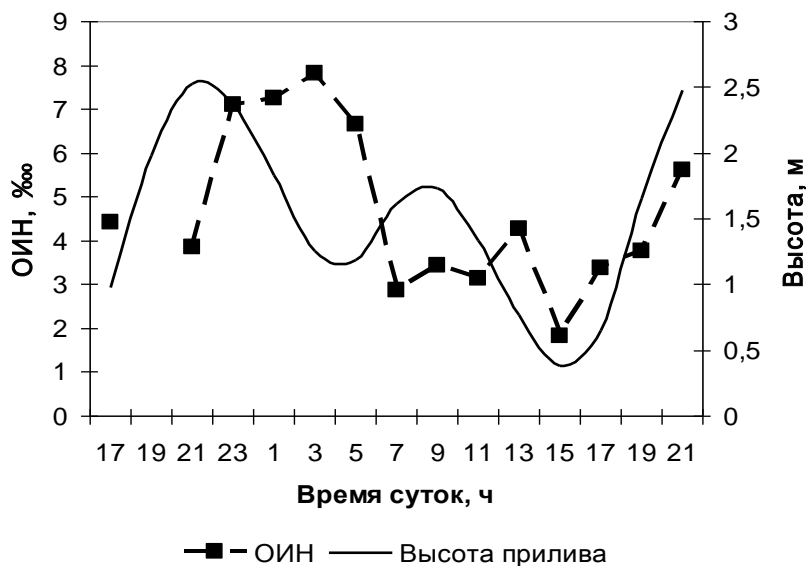


Рис. 1. Динамика ОИН желудков камчатского краба и приливо-отливный цикл 11-12.09.1972 г. в Бристольском заливе (по данным Тарвердиевой (1978))

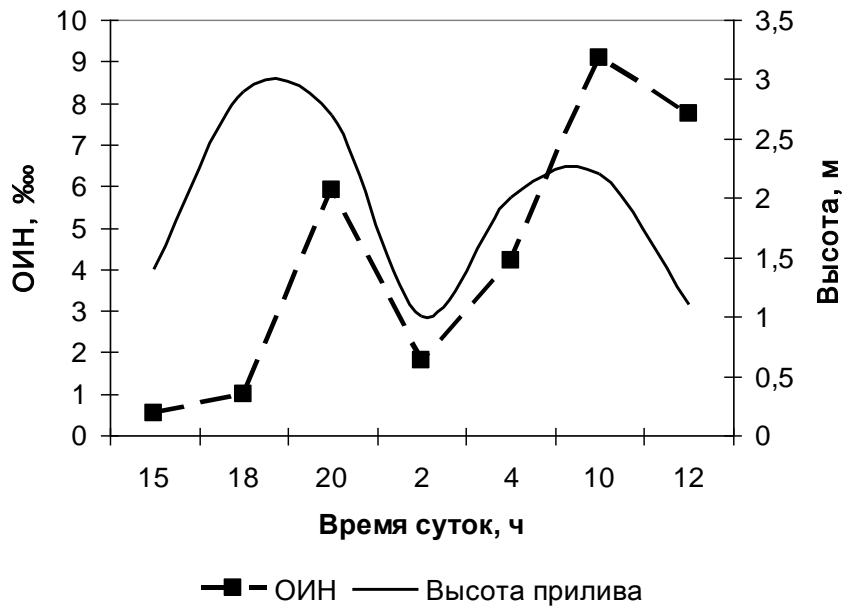


Рис. 2. Динамика ОИН желудков камчатского краба и приливо-отливный цикл 5-6.09.1998 г. в Мотовском заливе

При определении влияния месячной приливной активности в качестве модельного периода времени был выбран промысловый сезон 2003 г. (сентябрь-декабрь), когда промысловые участки в Восточном Прибрежном районе уже были найдены, имелась большая квота, а каждое судно было с научным наблюдателем на борту. По данным промысловых уловов был рассчитан вылов самцов крабов промыслового размера на ловушку в сутки (рис. 3). Дисперсионный однофакторный анализ подтвердил достоверность зависимости ловушечных уловов от амплитуды приливо-отливных колебаний:  $F = 256,84$ , что больше  $F_{st} = 3,89$ ;  $\eta^2 = 0,56$ . Для усреднённых посуточно (для приливо-отливного цикла) данных был построен график зависимости уловов камчатского краба от амплитуды прилива (рис. 4). Оказалось, что наибольшие уловы соответствуют максимальным значениям уровня прилива (сизигийным), наименьшие уловы – квадратурным приливам.

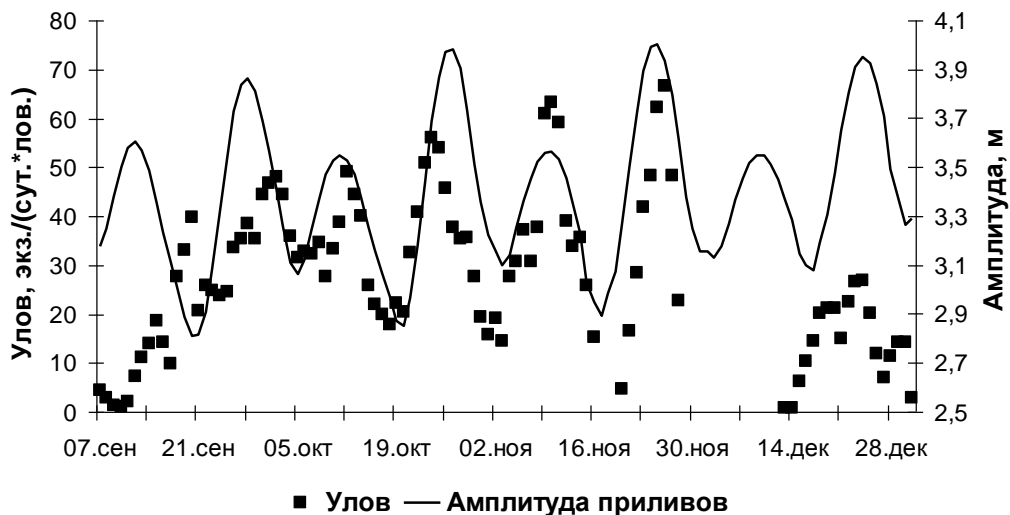


Рис. 3. Средние суточные уловы краба на ловушку в промысловый период 2003 г. по данным системы "Росрыболовство" и амплитуда приливов в это же время

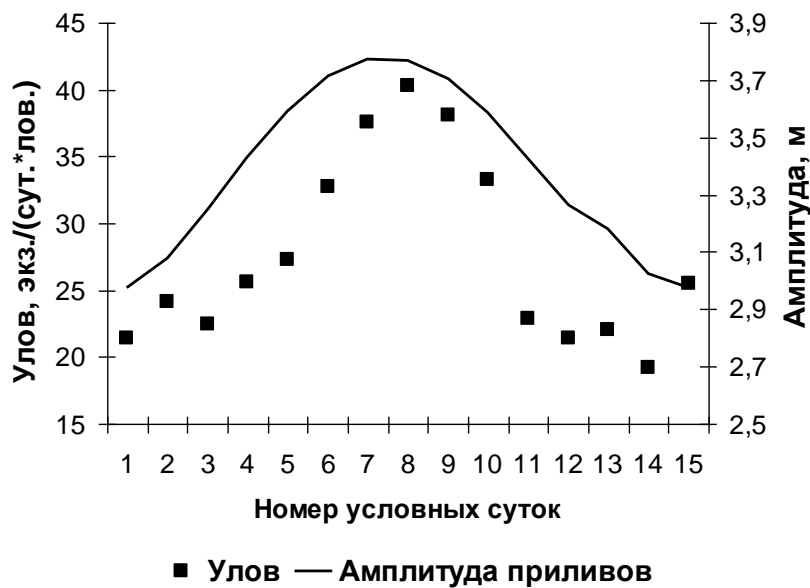


Рис. 4. Средние суточные уловы на ловушку и амплитуда приливов в течение приливно-отливного цикла в Восточном Прибрежном районе в 2003 г.

С открытием коммерческого промысла и сокращением государственного мониторинга добычи краба, связь между величиной улова, по данным промысловой статистики, и приливно-отливным циклом меняет знак на противоположный (рис. 5). Несмотря на то что дисперсионный однофакторный анализ и в данном случае подтвердил наличие зависимости ловушечных уловов от амплитуды приливно-отливных колебаний:  $F = 140,74$ , что больше  $F_{ст} = 3,87$ ; однако  $\eta^2$  равен всего 0,30. Это почти в два раза меньше, чем в 2003 г. В то же время данные, полученные от наблюдателя ВНИРО в этот же период (любезно предоставленные зав. лаб. промысловых беспозвоночных ВНИРО В.И. Соколовым), убеждают нас в том, что синхронность уловов и приливно-отливного цикла сохранилась (рис. 6). Дисперсионный однофакторный анализ подтвердил достоверность зависимости ловушечных уловов от амплитуды приливно-отливных колебаний:  $F = 151,95$ , что больше  $F_{ст} = 3,96$ ; а  $\eta^2 = 0,65$ .

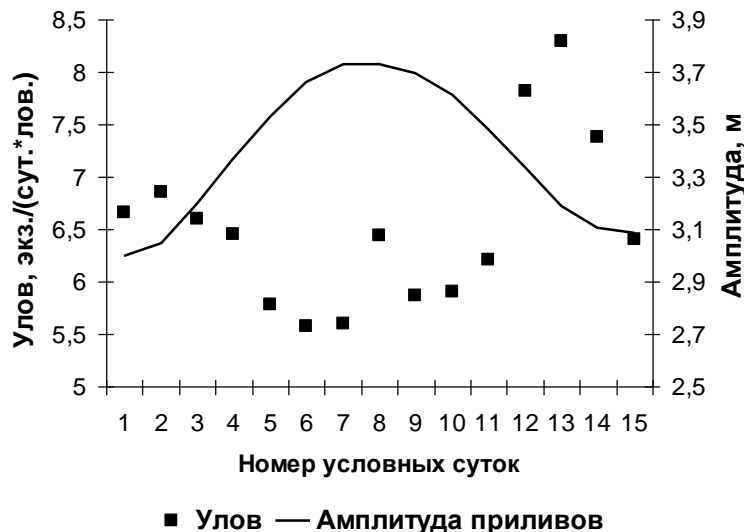


Рис. 5. Средние суточные уловы на ловушку и амплитуда приливов в течение приливно-отливного цикла в Восточном Прибрежном районе в 2005 г. по данным системы "Росрыболовство"

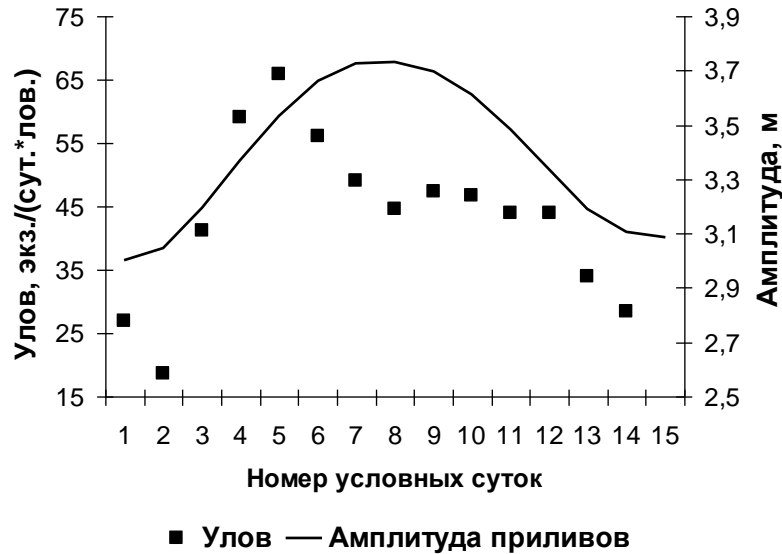


Рис. 6. Средние суточные уловы на ловушку и амплитуда приливов в течение приливно-отливного цикла в Восточном Прибрежном районе в 2005 г. по данным научного наблюдателя ВНИРО

Выявленная синхронность динамики ОИН желудков крабов и суточного приливно-отливного ритма позволяет с уверенностью утверждать, что пищевое поведение краба регулируется во времени взаимным расположением трёх небесных объектов: Солнца, Земли и Луны. Именно данный факт объясняет наблюдения предыдущих исследователей (*Хасэгава*, 1974; *Иванов*, 1994) по зависимости уловов краба ловушками от фаз Луны.

По данным *М.И. Тарвердиевой* (1978), максимумы потребления пищи камчатским крабом приходились на ночное и дневное время, по нашим данным – на утренние и вечерние часы. Это вынуждает отказаться от предположения о наличии обязательной связи между временем суток и пищевой активностью краба. Отбор проб на питание в Мотовском заливе проходил с глубины 120 м, что ставит под сомнение наличие связи между пищевой активностью и освещением.

Влияние приливно-отливного ритма обычно рассматривается для животных, обитающих на литорали или в верхней сублиторали (*Биологические ритмы*, 1984b). Однако есть свидетельства того, что данный ритм оказывает влияние на поведение ракообразных, живущих и на больших глубинах. Например, было показано, что образование плотных скоплений *Chionoecetes bairdi* на глубине 150 м для спаривания и выклев личинок этого вида синхронизированы с суточным приливно-отливным ритмом и приходятся на максимальные весенние приливы (*Stevens*, 2003). Скорость приливно-отливных течений *Стивенс* регистрировал с помощью измерителя течений. Возможно, и в нашем случае влияние на динамику питания камчатского краба оказывают скорости и направления приливных течений. Увеличение скорости может действовать опосредовано, через увеличение площади, доступной крабу для поиска жертв с помощью обоняния.

Ещё одним объяснением синхронизации пищевой активности краба с приливно-отливным циклом и является наличие не одного, а как минимум двух зейтгегеров (экзогенных факторов, управляющих биологическими часами живого организма). Наличие такой дублирующей системы показано для *Carcinus maenas* (*Reid, Naylor*, 1993). Кроме скорости и/или направления течения в качестве ещё одного предполагаемого фактора можно назвать, например, изменение давления столба воды на камчатского краба.

Кроме того, одной из возможных причин наличия влияния приливно-отливного ритма на пищевое поведение краба является эндогенная его генерация. Известно, что камчатский краб первые годы своей жизни проводит в верхней сублиторали, где приливно-отливные течения (и синхронизированные с ними абиотические и биотические феномены) являются существенным фактором внешней среды. Показано, что животные могут сохранять такой ритм при перемещении их из природной среды в стабильные лабораторные условия (*Hastings*, 1981). На основании большого количества собственных и литературных данных *Палмер* (*Palmer*, 1997) утверждает, что существует большое количество животных, особенно крабов, у которых приливно-отливной ритм активности контролируется внутренними биологическими

часами. Синхронизация ритма пищевого поведения с синодическим месяцем может поддерживаться каждый год в весенний период, когда большинство крабов приходит на мелководья для участия в спаривании и для линьки. Однако это предположение в отношении камчатского краба в Баренцевом море нуждается в дополнительной проверке в экспериментальных условиях.

С.Э. Шноль (1996) в своей обзорной статье по биологическим часам, управляющим периодичностью в живых организмах, утверждает, что растения и животные обладают очень точными (до нескольких секунд в сутки) часами, которые не зависят от действия таких внешних факторов, как, например, температура. Эндогенный механизм учёта времени закреплён на генетическом уровне. А зейтгеберы лишь служат механизмами, осуществляющими корректировку внутренних биологических часов. Причём организмы способны распознавать зейтгеберы, учитывая сезонность.

Проведённые нами исследования показали, что в течение суток увеличение ОИН желудков крабов начинается после начала прилива, и его максимальное и минимальное значения соответствуют с небольшим отставанием точкам полной и малой воды соответственно. Таким образом, можно сделать вывод о том, что существует совпадение между суточным приливно-отливным циклом и пищевой активностью камчатского краба. Обращает на себя внимание тот факт, что откорм камчатского краба происходит преимущественно во время прилива. Данное наблюдение даёт основание полагать, что скорость приливного течения не является единственным фактором, определяющим периодичность пищевой активности крабов, т.к. при приливе и отливе скорости течения примерно одинаковые. Возможно, приливно-отливные течения то усиливают, то ослабляют существующие постоянные течения. Это изменяет площадь кормовой территории, которая у крабов зависит от площади, доступной для обоняния животного. Вследствие этого изменяются возможности краба находить добычу.

Полученные данные свидетельствуют о том, что пищевое поведение камчатского краба имеет и месячную периодичность. В периоды сизигийных приливов уловы камчатского краба увеличиваются, что связано, вероятно, с увеличением скорости придонных течений и, как следствие, увеличением площади облова ловушки. Непостоянство площади облова ловушки свидетельствует о том, что данное орудие лова может рассматриваться как инструмент для количественной оценки численности камчатского краба только после проведения специальных исследований. Ведь её коэффициент уловистости не является некоей средней величиной со случайными отклонениями от неё, а представляет собой функцию со многими переменными, где случайность – не самый существенный фактор. Только приливо-отливная гармоника изменяет уловы краба в 2 раза (рис. 4, 6).

Важным практическим применением установленной связи между приливо-отливным циклом и уловами ловушек является использование синодической гармоник для проверки достоверности официальной статистики промысла. Во время нахождения на борту судна научных наблюдателей отмечались синхронные изменения величин полной воды при приливе и суточных уловов по донесениям с промысла. При ослаблении регистрирующей функции государственных структур происходит рассогласование статистики динамики промысла с приливо-отливным месячным ритмом, что свидетельствует о предоставлении недостоверной информации о вылове. Таким образом, можно утверждать, что в настоящее время данные официальной статистики не отражают действительный вылов, а т.к. при этом уменьшилась и величина вылова, то можно с уверенностью утверждать о крупномасштабном нелегальном промысле.

#### 4. Заключение

Существует прямая зависимость между суточным приливо-отливным циклом и пищевой активностью камчатского краба. Крабы интенсивно питаются во время прилива и переваривают пищу во время отлива.

С увеличением значений высоты полной воды усиливается поисковая пищевая активность крабов, что выражается в увеличении ловушечных уловов во время сизигийных приливов по сравнению с квадратурными.

Отсутствие синхронности между официальной промысловой статистикой по вылову камчатского краба в отдельные годы и месячной амплитудой приливов свидетельствует о недостоверности официальных данных о вылове краба.

#### Литература

**Hastings M.H.** Semi-lunar variations of endogenous circa-tidal rhythms of activity and respiration in the isopod *Eurydice pulchra*. *Marine Ecology – Progress series*, v.4, p.85-90, 1981.

**Palmer J.D.** Crab larval-release rhythms. *Marine Ecology – Progress series*, v.158, p.307-308, 1997.

- Reid D.G., Naylor E.** Different free-running periods in split components of the circatidal rhythm in the shore crab *Carcinus maenas*. *Marine Ecology – Progress series*, v.102, p.295-302, 1993.
- Stevens B.G.** Sex, tides, and videotape: Timing of aggregation and larval release by Tanner crabs, *Chionoecetes bairdi*, in relation to tidal current patterns. *Fisheries research*, v.65, Issues 1-3. Life histories, assessment and management of crustacean fisheries, p.201-216, 2003.
- Биологические ритмы. В 2 т. Под ред. Ю. Ашофф. М., Мир, т.1, 414 с., 1984а.
- Биологические ритмы. В 2 т. Под ред. Ю. Ашофф. М., Мир, т.2, 262 с., 1984б.
- Иванов Б.Г.** Промысловая гидробиология России: наследие, проблемы, перспективы. *Рыбное хозяйство*, № 5, с.43-46, 1994.
- Манушин И.Е.** Характеристика потребления пищи камчатским крабом в Баренцевом море. *Камчатский краб в Баренцевом море. Мурманск, ПИНРО*, с.189-202, 2003.
- Тарвердиева М.И.** Суточный ритм питания камчатского краба. *Биология моря*, № 3, с.91-95, 1978. Труды ПИНРО. Вып. 10. Приложение, с.281, 1957.
- Хасэгава С.** О промысле камчатских крабов с помощью ловушек. *Труды ВНИРО*, т.99 "Бонитет Мирового океана", вып. 5, с.63-69, 1974.
- Шноль С.Э.** Биологические часы (краткий обзор хода исследований и современного состояния проблемы биологических часов). *Соросовский образовательный журнал*, № 7, с.26-32, 1996.