

УДК 595.384.2

## ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ КАМЧАТСКОГО КРАБА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ПО ЕГО КАРДИОАКТИВНОСТИ

© 2008 г. Н.П. Ковачева, С.В. Холодкевич, Р.М. Васильев, А.В. Иванов,  
И.А. Загорский, Е.Л. Корниенко

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного  
хозяйства и океанографии, Москва 119049

Поступила в редакцию 03.03.2008 г.

Методом фотоплетизмографии в режиме реального времени исследовано физиологическое состояние камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815). Впервые в мире с помощью этого метода исследована кардиоактивность (частота сердечных сокращений и стресс-индекс) взрослых самцов (ширина карапакса  $\geq 15$  см) камчатского краба. Показано, что реакция краба на наиболее типичные в условиях аквакультуры стрессовые воздействия имеет сильно выраженный характер. Это определяет возможность использования метода для непрерывного компьютеризированного контроля физиологического состояния камчатского краба *in vivo* в целях оптимизации биотехники его культивирования.

В настоящее время инструментальные методы измерения в реальном времени физиологических изменений у тех или иных тест-организмов находят все большее применение при решении широкого круга задач по исследованию особенностей их реакции на внешние воздействия (Aagaard, 1996; Bamber, Depledge, 1997), поскольку именно физиологические показатели являются одними из наиболее лабильных и, следовательно, информативных в условиях синергического действия внешних факторов (Холодкевич, 2007; Kholodkevich et al., 2007). При условии неинвазивности такие методы позволяют осуществлять длительные непрерывные наблюдения как в природных условиях, так и в аквакультуре.

Успешность культивирования гидробионтов напрямую зависит от эффективности контроля его условий, как основы оптимизации технологии при экономически приемлемых затратах. При этом условия содержания должны быть максимально приближены к физиологическому, но не биологическому оптимуму, поскольку оптимальные условия, например по питанию, температуре и др., могут никогда не реализовываться в природных условиях (Ковачева, 2005, 2006).

Метод непрерывного неинвазивного контроля за физиологическим состоянием морских и пресноводных бентосных беспозвоночных с жестким наружным покровом, основанный на измерении и анализе их сердечного ритма в режиме реального времени, апробирован на речных раках, морских и пресноводных моллюсках при решении ряда задач оценки качества воды, как среды обитания гидробионтов (Махнев и др., 2006; Холодкевич и др., 2007). Метод используется при решении широкого круга экологических и

экотоксикологических задач, связанных с мониторингом качества природных и очищенных сточных вод (Холодкевич, 2007; Kholodkevich et al., 2007). Вне зависимости от вида стрессорного воздействия (физическое, химическое, психическое и др.) первичным ответом здорового организма является «избыточная» реакция тревоги. У животных при этом обычно резко возрастает частота сердечных сокращений (ЧСС) (Aagaard, 1996; Vamber, Depledge, 1997) и/или стресс-индекс (Махнев и др., 2006; Холодкевич и др., 2007) – одни из основных показателей метода вариационной пульсометрии (ВП), количественно характеризующие уровень напряжения регуляторных систем, обеспечивающих гомеостаз организма. Ранее метод ВП был разработан и нашел широкое применение в космической медицине (Баевский, Берсенева, 1997).

Целью наших исследований являлась оценка функционального состояния камчатского краба в искусственных условиях по его кардиоактивности, регистрируемой в реальном времени с помощью волоконно-оптического биоэлектронного метода.

В настоящей работе впервые в России с помощью этого метода исследована кардиоактивность (ЧСС) и стресс-индекс взрослых самцов (ширина карапакса  $\geq 15$  см) камчатского краба *Paralithodes camtschaticus*, являющегося одним из ценнейших видов промысловых ракообразных.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

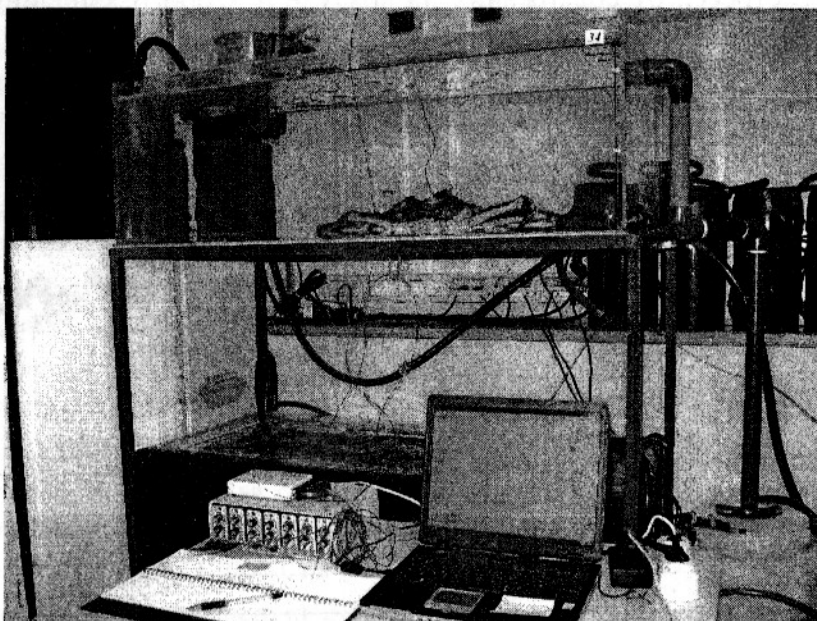
Эксперименты проводили в аквариальной лаборатории воспроизводства ракообразных (ВНИРО). До начала опытов крабов, доставленных в лабораторию не более чем через 12 часов после отлова в Баренцевом море, в течение 10-14 дней акклимировали в акватронах (объем 200 л) с искусственной морской водой при температуре 5 °С и солености 32‰. Аналогично процедуре, описанной в работах С.В. Холодкевича с соавторами (Холодкевич, 2007; Холодкевич и др., 2007), перед помещением крабов в акватроны к ним на панцирь (в области проекции сердца) приклеивали миниатюрное «седло», в которое вставляли волоконно-оптический датчик для регистрации кардиоактивности. Волокно последовательно присоединяли к фотоплетизмографу, с которого сигнал через аналого-цифровой преобразователь поступает на компьютер, где обрабатывается специальным программным обеспечением (рис. 1).

Кардиоактивность крабов изучали в процессе и после, стрессовых ситуаций, наиболее часто встречающихся при их культивировании: кормление, хэндлинг, транспортировка. Для имитации транспортировки крабов помещали в изотермический контейнер и выдерживали без воды от 5 до 24 часов, отмечая время хэндлинга.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ

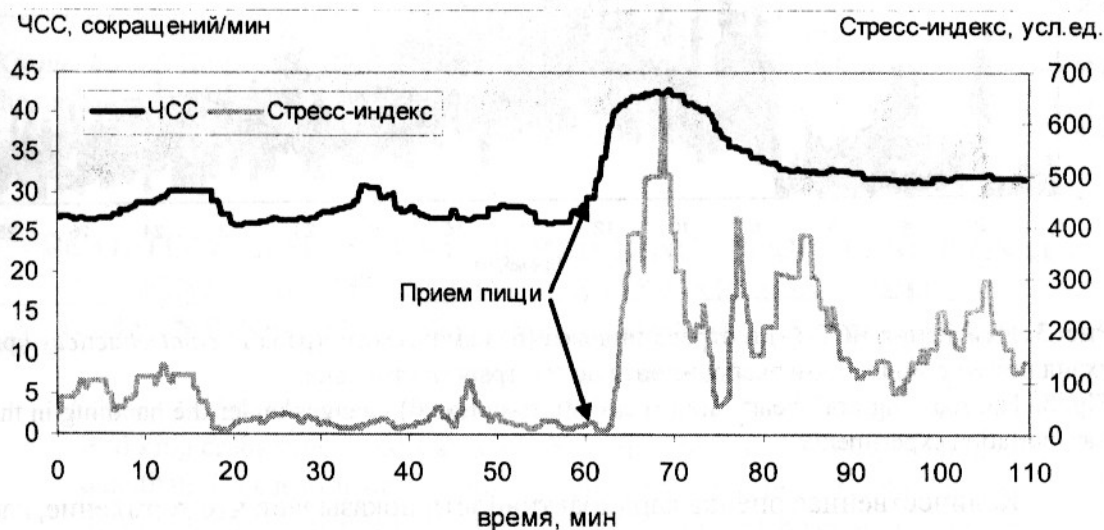
Типичные тренды частоты сердечных сокращений (ЧСС) краба в процессе приема пищи представлены на рисунке 2. Стрелками на графиках обозначены моменты подачи корма, после чего краб сразу же начинал питаться. После начала

приема пищи наблюдается активизация кардиоактивности краба: резкий рост ЧСС на 10 ударов в минуту. При этом средние значения стресс-индекса увеличились более чем на 500 условных единиц. Такое увеличение свидетельствует об изменении физиологического состояния крабов, которое должно учитываться в целях оптимизации биотехники культивирования.



**Рис. 1.** Акватроны с камчатским крабом *P. camtschaticus* и система регистрации их кардиоактивности в реальном времени.

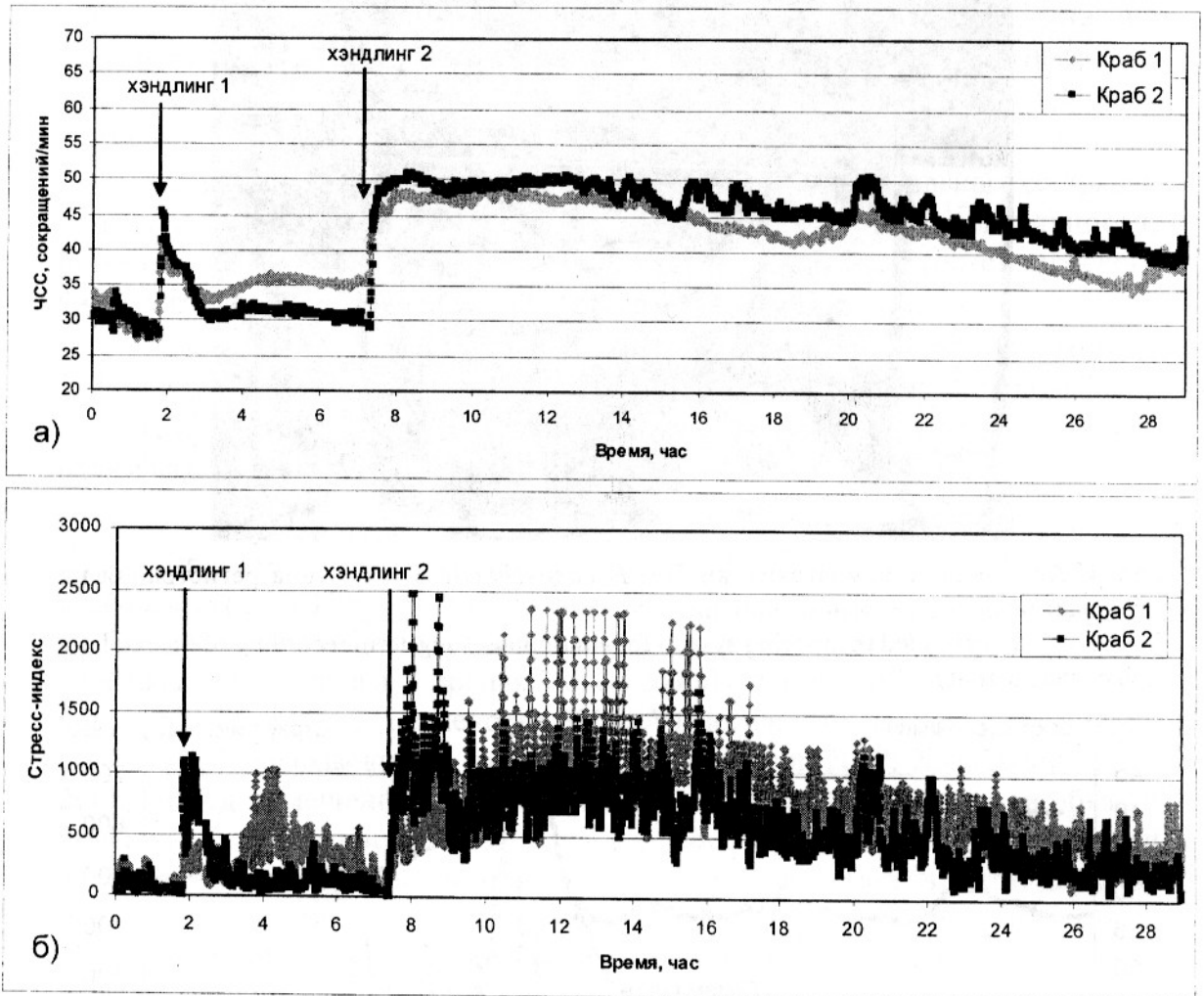
**Fig. 1.** A computer-aided monitoring system for continuous, long-term recording of the red king crab cardiac activity.



**Рис. 2.** Изменения ЧСС и стресс-индекса камчатского краба *P. camtschaticus* в процессе приема пищи.

**Fig. 2.** The red king crab heart rate and stress-index changes during feeding.

Реакцию краба на хэндлинг оценивали в модельном эксперименте по его транспортировке (рис. 3). Стрелками на графиках отмечены моменты хэндлинга. Показано, что реакция на хэндлинг имеет сильно выраженный характер: ЧСС возрастает на 50-70%, стресс-индекс на 2 000-2 500 усл. ед. Если после первого хэндлинга крабы достаточно быстро (в течение 1,5 ч.) успокоились, то после совместного стресса от содержания на воздухе и второго хэндлинга, процесс восстановления занял около суток.



**Рис. 3.** Изменения ЧСС (а) и стресс-индекса (б) камчатского краба *P. camtschacticus* при «хэндлинге» в модельном эксперименте по его транспортировке.

**Fig. 3.** The red king crab heart rate (a) and stress-index (б) changes under the handling in the transportation experiment.

Количественная оценка кардиоактивности показывает, что кормление, как и следовало ожидать, является значительно меньшим стрессом для камчатского краба, чем хэндлинг. Совместное действие хэндлинга и выдержания без воды вызывает наиболее сильную реакцию.

Полученные данные наглядно демонстрируют чувствительность исследованных параметров и возможность использования данного

биоэлектронного метода для оценки физиологического состояния камчатского краба в аквакультуре.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Баевский Р.М., Берсенева А.П.* Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997. 235 с.

*Ковачева Н.П.* Камчатский краб как новый объект марикультуры // Рыбное хозяйство, сер.: Марикультура. М.: ВНИЭРХ, 2005. Вып. 1. 40 с.

*Ковачева Н.П.* Искусственное воспроизводство и культивирование морских и пресноводных ракообразных отряда Decapoda. Диссерт. на соискание уч. степени д.б.н. М.: ВНИРО, 2006. 428 с.

*Махнев П.П., Бекренев А.В., Бакланов В.С. и др.* Разработка системы обеспечения безопасности водоснабжения в условиях обнаружения токсичных веществ на водопроводных станциях Санкт-Петербурга // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. Т. 9. Ч. 1. С. 6-15.

*Холодкевич С.В.* Биоэлектронный мониторинг уровня токсичности природных и сточных вод в реальном времени // Экологическая химия. 2007. Т. 16. №4. С. 223-232.

*Холодкевич С.В., Иванов А.В., Корниенко Е.Л., Куракин А.С.* Способ биологического мониторинга окружающей среды (варианты) и система для его осуществления // Бюл. изобр. 2007. №29. Патент РФ №2308720 С1, МПК G01N 33/18 (2006.01); G01N 21/17 (2006.01).

*Aagaard A.* In situ variations in heart rate of the shore crab *Carcinus maenas* in relation to environment factors and physiological condition // Marine Biology. 1996. V. 125. Pp. 765-772.

*Bamber S.D., Depledge M.H.* Evolution of changes in the adaptive physiology of shore crabs (*Carcinus naenas*) as an indicator of pollution in estuarine environments // Marine Biology. 1997. V. 129. №4. Pp. 667-672.

*Kholodkevich S.V., Fedotov V.P., Kuznetsova T.V., Ivanov A.V., Kurakin A.S., Kornienko E.L.* Fiber-optic remote biosensor systems for permanent biological monitoring of the surface waters quality and bottom sediments in the real time // <http://www.ices.dk/products/CMdocs/CM-2007/I/I-2007.pdf>

## REAL TIME ASSESSMENT OF RED KING CRABS FUNCTIONAL STATUS BY MEASURING OF ITS CARDIOACTIVITY

© 2008 y. N.P. Kovatcheva, S.V. Kholodkevitch, R.M. Vasilyev, A.V. Ivanov, I.A. Zagorsky, E.L. Kornienko

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow*  
Red king crabs functional status was examined by non-invasive method of quantitative measuring of the cardiovascular system reactions. By this method the evolution of dynamic parameters of the red king crab heart activity (heart rate, stress-index) was explored for the first time ever. A very pronounced crab's reaction to the most typical stressful impacts in artificial conditions was discovered. The application of this method opens an opportunity for a non-stop quantitative estimate of the red king crab functional state under various chemical parameters and physical factors of the environments in order to optimize the culturing process.