

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 ≥ 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

экоотоксикологических 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; Bamber, 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 ≥ 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 акклиматизировали в акватронах (объем 200 л) с искусственной морской водой при температуре 5 °C 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.

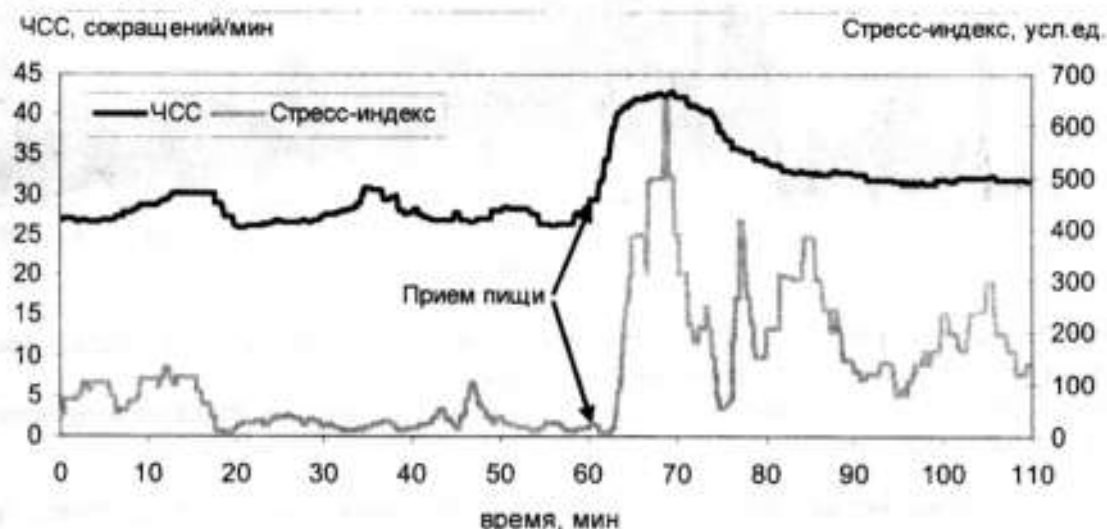


Рис. 2. Изменения ЧСС и стресс-индекса камчатского краба *P. camtschaticus* в процессе приема пищи.

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.

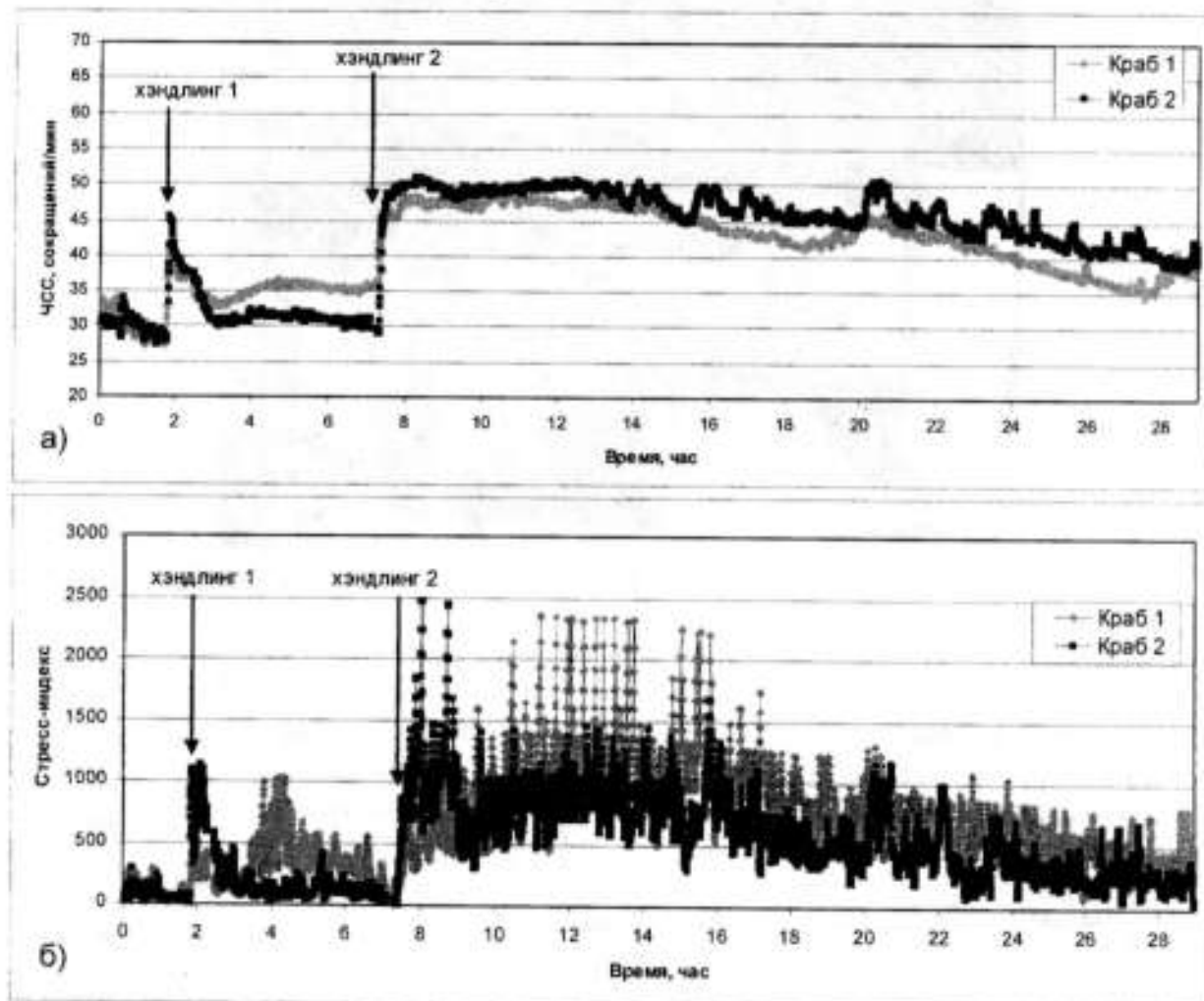


Рис. 3. Изменения ЧСС (а) и стресс-индекса (б) камчатского краба *P. camtschaticus* при «хэндлинге» в модельном эксперименте по его транспортировке.

Fig. 3. The red king crab heart rate (a) and stress-index (b) 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).

Åagaard 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.