

БИОМОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ПУТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ КАРДИОАКТИВНОСТИ DECAPODA И MOLLUSCA

С.В. Холодкевич, А.В. Иванов, А.С. Куракин, Е.Л. Корниенко, В.П. Федотов

Санкт-Петербургский научно-исследовательский Центр экологической безопасности РАН,
г. Санкт-Петербург

REAL TIME BIOMONITORING OF THE SURFACE WATER QUALITY BY MEANS OF CARDIOACTIVITY MEASUREMENT IN DECAPODA AND MOLLUSCA

Интенсификация транспортного использования акваторий морей и пресноводных водоемов и водотоков, в том числе относящихся к районам добычи или развития аквакультуры промысловых беспозвоночных, приводит к росту техногенных аварий и катастроф, носящих характер чрезвычайных ситуаций (ЧС) для обитания и промыслового качества аборигенных гидробионтов. Это обуславливает необходимость разработки и реализации комплекса мер по раннему выявлению ЧС и минимизации экологического и экономического ущерба, вызванного ЧС. Степень потенциальной опасности развития тяжелых экологических последствий в результате возникновения нештатных, аварийных ситуаций, в том числе и ЧС, влияющих на качество поверхностных вод, в значительной мере зависит от оперативности их обнаружения, количественной оценки и локализации. Практика показывает, что экологический мониторинг на основе автоматических станций непрерывного действия является самым надежным способом получения объективной и достаточной информации о динамике изменения состояния биотопов и экосистем акваторий для подготовки и принятия обоснованных управленческих решений. Одним из необходимых условий успеха практической реализации системы управления водными и биологическими ресурсами по критериям экологической безопасности является создание сети базовых автоматических станций непрерывного аналитического и биоаналитического контроля

природных и сточных вод в реальном времени. Это позволяет обеспечивать наиболее эффективную информационную поддержку принятия управленческих решений, направленных на минимизацию экологических рисков, в том числе в случае природных и техногенных ЧС [Холодкевич, 1999, 2001, 2002а,б, 2006].

Современные технические устройства и системы мониторинга физико-химических характеристик поверхностных вод не дают возможности объективно определять степень опасности этих изменений для живых организмов, в том числе человека. Объективная оценка уровня опасности токсикологического загрязнения воды невозможна без использования биологических методов мониторинга, способных с учетом синергизма действующих факторов, выявлять негативные для биоты изменения качества воды. Для биомониторинга конкретной акватории принципиально важно использовать в качестве биоиндикаторов аборигенных представителей фауны, которые являются частью ее экосистемы. Это является существенным отличием методов биоиндикации от методов биотестирования, в которых по определению используются выращенные в лаборатории тест-организмы, которые хорошо приспособлены к обитанию лишь в водной среде с искусственно поддерживаемыми в аквариуме физико-химическими характеристиками.

В настоящее время как в России, так и за рубежом интенсивно развиваются фундаментальные и прикладные исследования по созданию методов и технических средств автоматического контроля случайного или преднамеренного загрязнения акваторий в реальном времени, сочетающие при этом как аналитические, так и биоаналитические (основанные на мониторинге функционального состояния аборигенных гидробионтов) способы оценки количественных характеристик качества поверхностных вод. Большинство известных методов биоиндикации и биотестирования не могут использоваться при решении задач оценки состояния поверхностных вод в реальном времени, так как принципиально ограничены необходимостью проведения длительного анализа. Как показывает отечественный и зарубежный опыт, наиболее перспективными для развития этого направления являются методы, основанные на измерениях реакций физиологических и поведенческих биомаркеров [Куриленко, 2004; Федотов, Холодкевич, Строчило, 2000; Холодкевич, 2006; Холодкевич и др., 2005; Depledge, Aagaard, Gyorkos, 1995]. Наиболее развитыми из них к настоящему времени являются методы регистрации кардиоактивности бентосных беспозвоночных с жестким наружным покровом, например, раков, крабов, раковинных моллюсков [Холодкевич, 2006; Холодкевич и др., 2005]. Наличие жесткого наружного скелета или покрова многих видов этих бентосных организмов, а также сравнительно легко переносимое ими индивидуальное содержание делают их удобными объектами для использования в автоматических технических системах биоиндикации. В каждой конкретной акватории в качестве "вида-мишени" могут выступать различные представители бентосных сообществ.

С учетом вышеизложенного в лаборатории экспериментальной экологии водных систем НИЦЭБ РАН был разработан волоконно-оптический метод отведения кардиоактивности бентосных беспозвоночных, имеющих жесткий панцирь: Crustacea (Decapoda) и Mollusca. Метод позволяет непрерывно, в реальном времени проводить дистанционный (до сотен метров) неинвазивный контроль функционального состояния тест-организма [Федотов, Холодкевич, Строчило, 2000; Холодкевич, 2006; Холодкевич и др., 2005]. Диагностика функционального состояния животных-"мишеней" проводится с использованием адаптированного для беспозвоночных животных метода вариационной пульсометрии [Холодкевич, 2006; Холодкевич и др., 2005]. Данный физиологический метод был положен в основу биоаналитического блока новой информационно-измерительной системы, предназначенной для непрерывного производственного биологического мониторинга качества воды (СПБМКВ) акваторий в реальном времени на основе анализа кардиоактивности бентосных беспозвоночных, имеющих жесткий наружный покров. На рис.1 представлено фото аквариумов с животными, к внешней части панцирей которых приклеены миниатюрные (весом менее 2г) волоконно-оптические датчики для регистрации кардиоактивности.

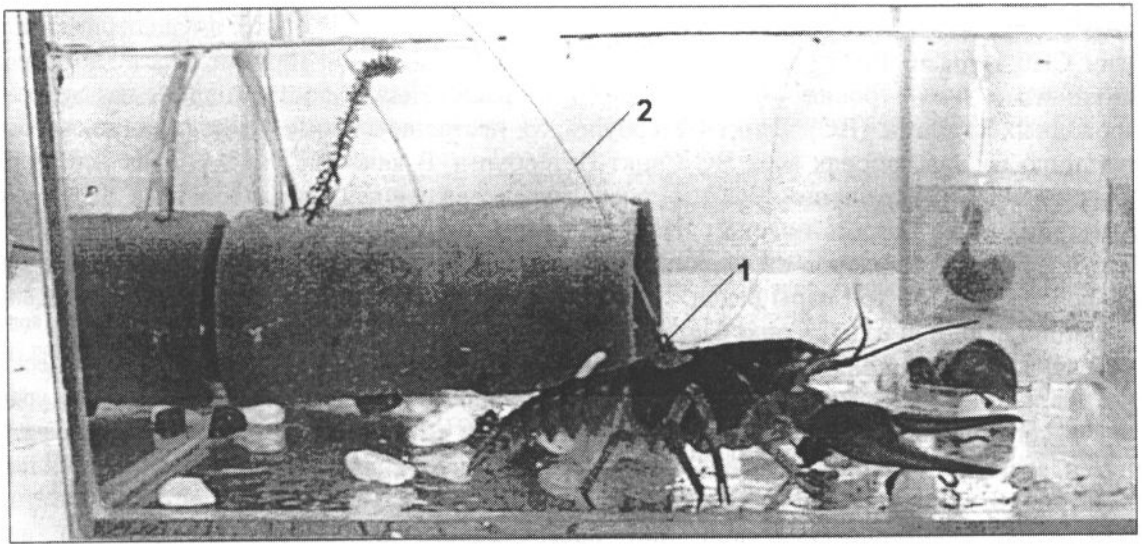


Рис.1. Речной рак *Pontastacus leptodactylus* Esch. с укрепленным на внешней части карапакса волоконно-оптическим датчиком (1) и эластичными оптическими волокнами (2), позволяющими животному свободно перемещаться по дну аквариума. Сзади – убежище с вырезом сверху для оптического волокна. На заднем плане кардиоактивность отводится от брюхоногого моллюска.

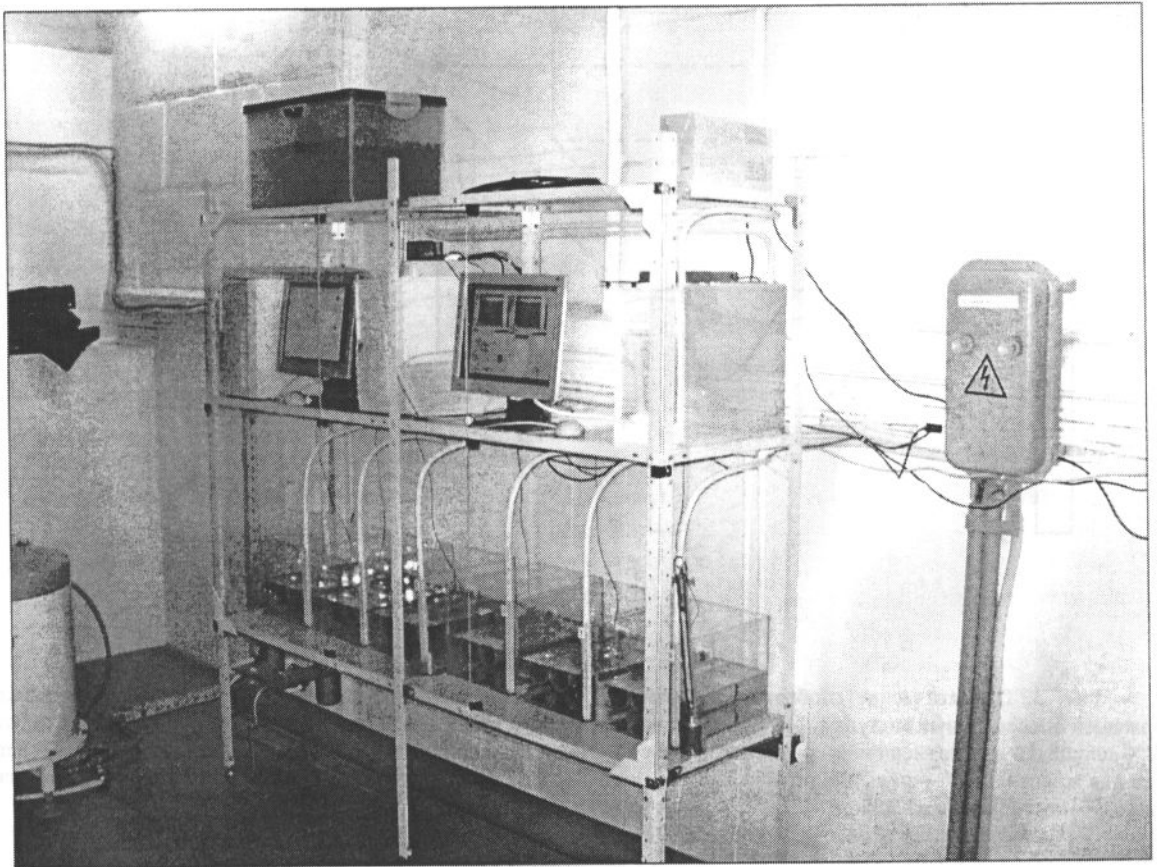


Рис. 2. СПБМКВ источника централизованного питьевого водоснабжения Санкт-Петербурга, введенная в эксплуатацию в декабре 2005 г. на водозаборных сооружениях Главной водопроводной станции ГУП «Водоканал Санкт Петербурга». Внизу – 6 аквариумов с раками, по два из которых поочередно подключены к системе регистрации и анализа их кардиоактивности в реальном масштабе времени.

В 2005 г. по заказу ГУП «Водоканал» Санкт-Петербурга в лаборатории экспериментальной экологии СПб НИЦЭБ РАН были разработаны СПБМКВ для мониторинга в реальном времени динамики изменения уровня токсичности воды реки Невы, поступающей на водозаборы водопроводных станций (ВС) Санкт-Петербурга. В настоящее время такие станции введены в эксплуатацию на водозаборах всех ВС Санкт-Петербурга. В качестве биомаркеров используются частота сердечных сокращений ЧСС, а также такая важная характеристика вариационной пульсометрии, как стресс-индекс. Непрерывность и бесперебойность измерений этих физиологических биомаркеров обеспечивается с помощью специальных проточных аквариумных систем, содержащих по три пары раков. На рис. 2 изображен внешний вид СПБМКВ, введенной в эксплуатацию на одной из ВС Санкт-Петербурга.

Учитывая, что длина волоконно-оптического кабеля 6 (рис. 3) может быть несколько километров, СПБМКВ могут найти широкое применение в качестве систем раннего биологического оповещения об изменении качества воды в потенциально проблемных акваториях (например, акватории в районах базирования средств разведки, добычи и транспортировки нефти и газа). На рис. 3 схематически изображен один из вариантов размещения системы мониторинга качества воды акватории (морской или пресноводной) на основе отведения и анализа кардиоактивности аборигенного животного (рак, краб, моллюск и т.п.).

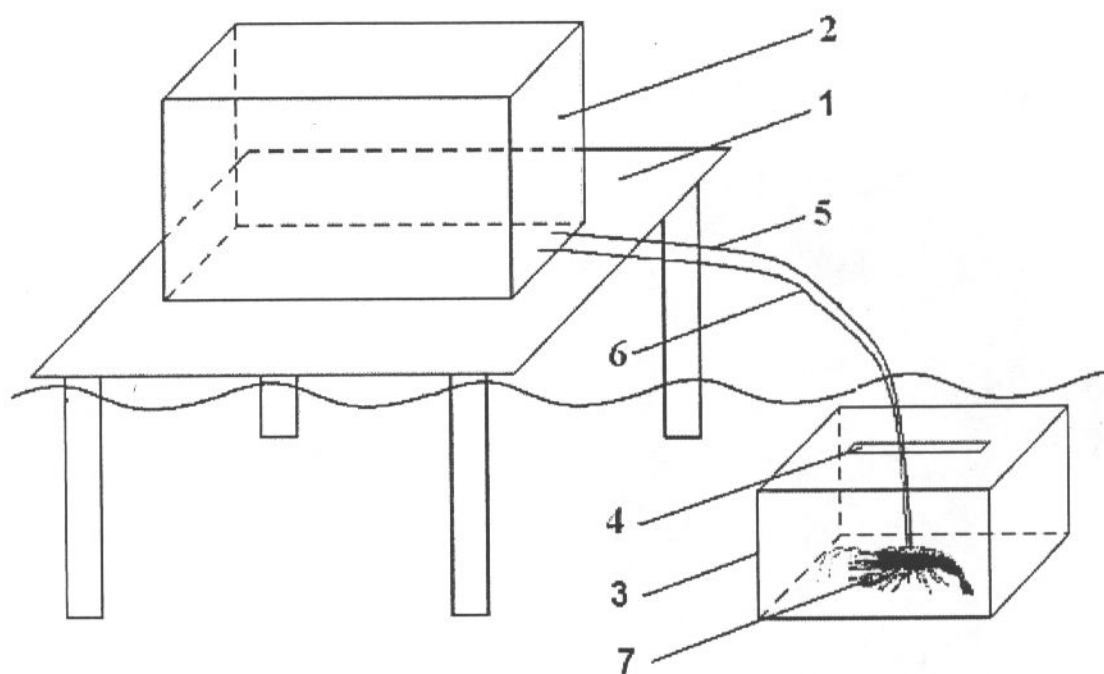


Рис. 3. Схематическое изображение одного из вариантов системы мониторинга качества воды акватории, содержащей биосенсорный модуль СПБМКВ на основе отведения и анализа кардиоактивности аборигенного животного, где 1 – площадка для размещения контейнера, 2 – с системами регистрации, анализа и передачи данных, 3 – сетчатая клетка для животного, 4 – щель для оптических волокон, 5 – передающее оптическое волокно, 6 – приемное оптическое волокно, 7 – тестируемое животное.

Литература

- Куриленко В.В.(Ред.) 2004. Основы экогеологии, биоиндикации и биотестирования водных экосистем. Учеб. Пособие, СПб. Изд-во С.-Петерб. Ун-та. 448 с.
- Федотов В.П., Холодкевич С.В., Строчило А.Г. 2000. Изучение сократительной активности сердца раков с помощью нового неинвазивного метода. Ж. Эвол. Биохимии и Физиологии. Т. 36, № 3. С. 219-222.
- Холодкевич С.В. . 1999. Станция раннего оповещения служб водоснабжения о качестве воды реки Невы. Промышленный вестник. № 9 (34). С. 21-22.

Холодкевич С.В. 2001. Опорная сеть автоматических станций непрерывного экологического мониторинга качества воды в системе интегрированного управления водными ресурсами Санкт-Петербургского региона. Бюллетень Экологическая безопасность, № 1-2 (15-16). С. 38-39.

Холодкевич С.В. 2002а. Основные требования к организации экологического мониторинга и технологического самоконтроля на предприятиях, переходящих на систему технологического нормирования. Бюллетень Экологическая безопасность, № 1-2 (15 – 16). С. 44-49.

Холодкевич С.В. 2002б. Экологический мониторинг и технологический самоконтроль предприятий на основе объединенных в единую сеть автоматических станций контроля природных и сточных вод. Сборник докладов и тезисов, под ред. проф. Б.П.Усанова. Изд. МКС. С. 110-112.

Холодкевич С.В. 2006. Экологический мониторинг качества природных и сточных вод в реальном времени. Актуальные проблемы сохранения и восстановления биоресурсов морей и внутренних водоемов России: Сборник докладов пленарного заседания научного консультативного совета ФГУ «МИК» по комплексному использованию водных ресурсов и охране водных экосистем. Мурманск. Изд-во ПИНРО. С. 24-36.

Холодкевич С.В., Говердовская Л.Г., Иванов А.В., Корниенко Е.Л., Куракин А.С., Федотов В.П. 2005. Датчик физиологической активности беспозвоночных с жестким наружным покровом и система биологического мониторинга окружающей среды на его основе. Патент на полезную модель № 52190 (приоритет от 03.11.2005 г.).

Depledge M.H., Aagaard A., Gyorkos P. 1995. Assessment of trace metal toxicity using molecular, physiological and behavioural biomarkers. Marine Pollution Bulletin.. V. 31, N 1-3. P. 19-27